

---

**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

---

DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
COORDINACIÓN DE POSGRADO



**PLANTACIONES FORESTALES DE ESPECIES TROPICALES EN  
JALISCO, NAYARIT Y COLIMA : PERSPECTIVA PRODUCTIVA,  
AMBIENTAL Y ECONOMICA**

**AGUSTÍN RUEDA SÁNCHEZ**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el grado de  
**DOCTOR EN CIENCIAS AGRICOLAS Y FORESTALES**

**LAS AGUJAS, ZAPOPAN, JALISCO. JULIO 2008**

**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias  
**COORDINACIÓN DE POSGRADO**



La tesis **PLANTACIONES FORESTALES DE ESPECIES TROPICALES EN JALISCO, NAYARIT Y COLIMA: PERSPECTIVA PRODUCTIVA, AMBIENTAL Y ECONOMICA.** del M.C. Agustín Rueda Sánchez, se realizó bajo la dirección del Consejo Particular que se indica, fue aprobada por el mismo y se aceptó como requisito parcial para la obtención del grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

Consejo Particular

Tutor: Agustín Gallegos R.  
Dr. Agustín Gallegos Rodríguez

Asesor: Diego González E.  
Dr. Diego González Eguiarte

Asesor: J. Ariel Ruíz Corral  
Dr. J. Ariel Ruíz Corral

Asesor: Juan de Dios Benavides Solorio  
Dr. Juan de Dios Benavides Solorio

Asesor: Eduardo López Alcocer  
Dr. Eduardo López Alcocer

Las Agujas, Zapopan, Jal., Julio de 2008

## **Agradecimientos**

A Dios por haberme permitido Vivir y desarrollarme como un profesional al servicio de la sociedad.

Un sincero y profundo agradecimiento a todas las personas que con su apoyo, consejos y estímulos contribuyeron de manera importante para lograr la elaboración de esta obra.

A CONACYT - CONAFOR por el apoyo al proyecto: CONAFOR-2003-C03-10522 con recursos económicos y hacer posible la realización de trabajos de investigación de esta naturaleza y se logren aportaciones importantes para el agro Mexicano y la sociedad.

Al Dr. Agustín Gallegos Rodríguez. por su acertada y valiosa dirección de tesis y por sus interesantes consejos para lograr la culminación de este trabajo.

Al Dr. Diego González Eguiarte , Dr. José Ariel Ruiz Corral, Dr. Juan de Dios Benavides Solorio y Dr. Eduardo López Alcocer. Por su importante y dedicada asesoría en la elaboración de este trabajo.

Al personal del Campo Experimental Santiago Ixcuintla, del Sitio Experimental "El Verdineño" del municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit; Sitio experimental Costa de Jalisco, del municipio de La Huerta, Jalisco y Campo Experimental Tecoman, municipio de Tecoman, Colima. pertenecientes al CIRPAC-INIFAP por las facilidades otorgadas para la toma de datos de campo y apoyo para otras actividades y culminar satisfactoriamente este trabajo.

Al personal del CIRPAC específicamente de la sede; Dirección regional, Direcciones administrativa, de Investigación coordinación y de planeación, en el parque los Colomos, municipio de Guadalajara, Jal. por los apoyos y facilidades otorgados a un servidor y lograr los objetivos planteados en este trabajo. Asimismo al personal de apoyo por su colaboración de manipular y preparar las muestras de obtenidas en campo y que se enviaron a laboratorio para su análisis y determinación del contenido de carbono.

A la Universidad de Guadalajara y de manera muy especial al Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, por haberme brindado la oportunidad de superarme de manera personal y adquirir conocimientos, para aplicarlos en bien de la sociedad y del agro mexicano.

A todos y cada uno de los maestros del Doctorado en especial a los del Departamento de Producción Forestal.

A los compañero Rene Forte Cisneros y Guadalupe Benavides Urzúa por su apoyo en la toma de datos en campo, así como por su amistad y sugerencias para la realización de este trabajo.

## **Dedicatorias**

A mi Madre: Sra. Soledad Sánchez Ríos († viva en mí), quien con tanto esfuerzo y con un cariño a toda prueba inculco en mí, el deseo ferviente de la superación aun a prueba de adversidades. Gracias mamá por creer en mí y por apoyarme siempre en el camino de mi vida.

A mi querida y amada esposa: Elida Villegas Castro, por su gran amor, apoyo incondicional y aguantar tantas y tantas penurias, todo con el fin de apoyarme en mi largo peregrinar de superación profesional, y que aun a costa de su propio bienestar siempre ha estado conmigo, gracias, te amo, sin ti mis metas logradas no habrían sido posible.

A mis hijos; Nidia Angélica, Agustín, Jesús Salvador y Edgar Alejandro, quienes han compartido conmigo los momentos mas tristes, pero también los momentos alegres de mi vida, les agradezco su comprensión y apoyo al haberme permitido que parte del tiempo que debí dedicarlo a ustedes, lo dedique a la superación personal, pero esto fue siempre pensando en el bienestar de ustedes.

A mis hermanos; Elsa, Salvador, Jesús, Miguel y Nidia († viva en mí) por su gran apoyo y siempre con palabras de aliento, además por ser tan solidarios en cualquier momento de nuestras vidas, se que disfrutaran de este logro, como si fuera el propio, los quiero.

A mis queridos y respetables Sobrinos; Oscar, Nidia, Noe, Israel, Diana, James, Miguel, Nidia, Eric, Chuyín, Areli y Astrid. se que también al igual que sus padres, se sentirán orgullosos de haber apoyado de mil maneras, a su tío en su larga carrera de superación profesional, gracias por ello.

A mis muy queridos y adorados Nietos; Aranza, Chaila Fernanda, Marquitos, Elida, Agustín 3º, Emmanuel y Evelyn Nicol, que aun son muy pequeños pero son y serán fuente de inspiración de las metas y objetivos de mi vida.

A mis sobrinos nietos; Isaac (El Nao), Paola, Daniela y Sabina, espero que también algún día de su vida me den la alegría de ser personas de bien y logren metas y objetivos positivos, de los cuales sus padres se sientan orgullosos.

Este trabajo también se dedica a todos y cada uno de mis familiares que han sido parte importante en mi vida, en la formación de un servidor, y que ahora llega a feliz termino de una de las etapas más importantes, no los describo por que me sería difícil en tan poco espacio nombrar a cada uno de ustedes, pero todos están en mi mente.

A todos mis grandes amistades que con su aliento han contribuido de alguna manera, ya que han sido parte importante de la inspiración para mi superación personal.

A todos los productores del campo, por ser ellos los que de una y otra manera contribuyen en gran medida al bienestar del pueblo mexicano.

## CONTENIDO

	Página
CONTENIDO	i
RESUMEN GENERAL	vii
INTRODUCCIÓN GENERAL	ix
<b>CAPITULO 1. EVALUACIÓN DASOMETRICA DE PLANTACIONES FORESTALES EN JALISCO, NAYARIT Y COLIMA.</b>	<b>1</b>
RESUMEN	1
1.1. INTRODUCCIÓN	2
1.2. OBJETIVOS	3
1.3. HIPOTESIS	3
1.4. REVISIÓN DE LITERATURA	3
1.4.1. Marco conceptual	3
1.4.1.1. Plantación Forestal	3
1.4.1.2. Plantación forestal comercial	3
1.4.1.3. Forestación	3
1.4.1.4. Reforestación	3
1.4.1.5. Dasonomía	4
1.4.1.6. Dasometría	4
1.4.1.7. Medición de árboles y masas forestales	4
1.4.1.7.1. Altura	4
1.4.1.7.2. Diámetro	4
1.4.1.7.3. Área basal (AB)	5
1.4.1.7.4. Volumen	6
1.4.1.7.5. Cálculo de volumen de árboles y masas forestales	6
1.4.1.7.6. Edad de los árboles	8
1.4.1.7.7. Crecimiento	8
1.4.2. Evaluación de plantaciones forestales	9
1.5. MATERIALES Y METODOS	14
1.5.1. Ubicación del área de estudio	14
1.5.2. Antecedentes de las plantaciones forestales	14
1.5.2.1. Campo Experimental Tecoman, estado de Colima	15
1.5.2.1.1. Unidad experimental I	15
1.5.2.1.2. Unidad experimental II	15
1.5.2.2. Campo Experimental El Verdineño municipio Santiago Ixcuintla, Nayarit.	15
1.5.2.2.1. Unidad experimental I	16
1.5.2.2.2. Unidad experimental II	16
1.5.2.3. Campo Experimental Santiago Ixcuintla, del estado de Nayarit	16
1.5.2.3.1. Unidad experimental I	16
1.5.2.4. Campo Experimental Costa de Jalisco, del estado de Jalisco	17
1.5.2.4.1. Unidad experimental I	17
1.5.2.4.2. Unidad experimental II	18
1.5.3. Toma de datos de campo	18

1.5.4. Procesamiento y análisis de información de campo	18
1.6. RESULTADOS Y DISCUSION	19
1.6.1. Inventario de árboles por especie y plantación	19
1.6.2. Sobreviviencia por especie y plantación	22
1.6.3. Diámetro medio por especie y plantación	26
1.6.4. Altura media por especie y plantación	33
1.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
1.8. LITERATURA CONSULTADA	39
1.9. Figuras	44
1.10. Cuadros	50

## **CAPITULO 2. TABLAS DE VOLUMEN DE PLANTACIONES DE ESPECIES FORESTALES TROPICALES, EN JALISCO, NAYARIT Y COLIMA** 51

RESUMEN	51
2.1. INTRODUCCIÓN	52
2.2. OBJETIVOS	53
2.3. HIPOTESIS	53
2.4. REVISIÓN DE LITERATURA	53
2.4.1. Tablas de volumen (definición)	53
2.4.2. Origen de tablas de volumen	54
2.4.3. Tipo de tablas	55
2.4.3.1. Tablas de volumen de una entrada	55
2.4.3.2. Tablas de volumen de dos entradas	57
2.4.3.3. Tablas de volumen de tres y cuatro entradas	57
2.4.4. Métodos para la elaboración de una tabla de volumen	58
2.4.4.1. Método gráfico	58
2.4.4.2. Métodos de tabulaciones	58
2.4.4.3. Método por análisis matemático (regresión)	58
2.4.5. Etapas para la elaboración de un tabla de volumen	58
2.4.5.1. Definición de la especie y área de estudio	58
2.4.5.2. Determinación del número de árboles por medir	59
2.4.5.2.1. La muestra debe ser representativa de la Población	59
2.4.5.2.2. La muestra debe ser distribuida en todo la Población	59
2.4.5.2.3. La muestra debe incluir árboles de todas las categorías diamétricas.	59
2.4.5.2.4. La muestra es función de la variabilidad	59
2.4.5.3. Toma de datos de campo	60
2.4.5.3.1. Medición directa	60
2.4.5.3.2. Medición indirecta	60
2.4.5.4. Cubicación de árboles muestra con derribo	61
2.4.5.5. Cubicación de árboles medidos sin derribo	62
2.4.5.6. Obtención de la ecuación y tabla de volumen	62
2.4.5.7. Análisis de datos	63
2.5. MATERIALES Y METODOS	64
2.5.1 Ubicación del área de estudio	64
2.5.2. Proceso metodológico	64
2.5.2.1. Toma de datos de campo	65

2.5.2.1.1. Formato para el registro de datos	66
2.5.2.2. Procesamiento y determinación del volumen	66
2.5.2.3. Análisis de información y ajuste de modelos	66
2.6. RESULTADOS Y DISCUSION	67
2.6.1. Elección del modelo	67
2.6.2. Generación de tablas de volumen	72
2.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
2.8. LITERATURA CONSULTADA	75
2.9. Figuras	78
2.10. Cuadros	78
2.11. Apéndice	92

**CAPITULO 3. COEFICIENTE DE ASERRIO DE MADERA EN ROLLO DE PLANTACIONES FORESTALES DE ESPECIES TROPICALES EN JALISCO** 97

RESUMEN	97
3.1. INTRODUCCIÓN	98
3.2. OBJETIVOS	99
3.3. HIPOTESIS	99
3.4. REVISIÓN DE LITERATURA	99
3.4.1. Coeficiente de Aserrío	99
3.4.2. Relación de la calidad de trocería con el coeficiente de aserrío	100
3.4.3. Relación del refuerzo de la trocería con el coeficiente de aserrío	101
3.4.4. Eficiencia del proceso de aserrío	102
3.4.5. Rendimiento volumétrico total	102
3.4.6. Factores que inciden sobre el rendimiento en el volumen de la madera.	103
3.4.6.1. Diámetros de las trozas	103
3.4.6.2. Longitud, conicidad y diagrama de troceado	104
3.4.6.3. Calidad de trozas	104
3.4.6.4. Tipo de sierra	104
3.4.6.5. Diagrama de corte	105
3.5. MATERIALES Y METODOS	106
3.5.1. Ubicación del área de estudio	106
3.5.2. Características de trozas en estudio	106
3.5.3. Categorías diámétricas de trocería en estudio	107
3.5.4. Método de cubicación de trozas	107
3.5.5. Numero de trozas en estudio y por especie	107
3.5.6. Coeficiente de aprovechamiento	108
3.5.7. Procesamiento primario de aserrío	109
3.5.8. Procesamiento secundario de aserrío	109
3.5.9. Efecto de categoría diamétrica	109
3.6. RESULTADOS Y DISCUSION	110
3.6.1. Trocería y volumen procesado	110
3.6.2. Impacto y distribución de trozas, por categoría diamétrica y especies	110
3.6.3. Madera en rollo procesada y madera recuperada	112
3.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	115
3.8. LITERATURA CONSULTADA	117

3.9. Figuras	121
3.10. Cuadros	123
3.11. Apéndice	127

<b>CAPITULO 4. ESTIMACION DE BIOMASA Y CARBONO DE LAS ESPECIES; <i>Enterolobium cyclocarpum</i>, <i>Swietenia macrophylla</i>, <i>Tabebuia rosea</i>, <i>Cedrela odorata</i>, <i>Tectona grandis</i> y <i>Gmelina arborea</i> EN JALISCO.</b>	131
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

RESUMEN	131
4.1. INTRODUCCIÓN	132
4.2. OBJETIVOS	133
4.3. HIPOTESIS	133
4.4. REVISIÓN DE LITERATURA	133
4.4.1. Marco conceptual	133
4.4.2. Concepto de biomasa	134
4.4.3. Biomasa en especies forestales	135
4.4.3.1. Biomasa en componentes arbóreos	135
4.4.4. Modelos para la estimación de biomasa	136
4.4.5. Métodos para determinación de biomasa	136
4.4.5.1. Método de cosecha	138
4.4.5.2. Método del árbol promedio	138
4.4.6. Captura de carbono	139
4.4.6.1. Métodos para estimar carbono en la vegetación	140
4.4.6.1.1. Método destructivo	140
4.4.6.1.2. Métodos utilizando ecuaciones alométricas	140
4.5. MATERIALES Y METODOS	140
4.5.1. Ubicación del área de estudio	140
4.5.2. Selección y derribo de árboles muestra	140
4.5.2.1. Muestreo de biomasa aérea	141
4.5.2.2. Procesamiento de muestras	142
4.5.3. Determinación de biomasa aérea	142
4.5.4. Análisis de datos	142
4.5.4.1. Análisis de regresión y selección de modelos	142
4.5.5. determinación del contenido de carbono	143
4.6. RESULTADOS Y DISCUSION	144
4.6.1. Estimación de biomasa aérea por especie	144
4.6.2. Estimación de Carbono en la biomasa aérea por especie	149
4.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	154
4.8. LITERATURA CONSULTADA	156
4.9. Figuras	159
4.10. Cuadros	165

<b>CAPITULO 5. COSTOS Y BENEFICIOS ECONÓMICOS EN EL ESTABLECIMIENTO, MANEJO Y APROVECHAMIENTO DE LAS PLANTACIONES FORESTALES</b>	168
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

RESUMEN	168
5.1. INTRODUCCIÓN	169
5.2. OBJETIVO GENERAL	170



5.2.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS	170
5.3. REVISIÓN DE LITERATURA	170
5.3.1. Aspectos económicos	170
5.3.2. Criterios de evaluación económica	172
5.3.2.1. Valor Actual Neto o Valor Presento Neto (VAN o VPN)	172
5.3.2.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)	174
5.3.2.3. Relación Beneficio-Costo (B/C)	175
5.3.3. Características de especies forestales	176
5.3.3.1. <i>Gmelina arborea</i>	176
5.3.3.2. <i>Roseodendron donnell Smithii</i>	177
5.3.3.3. <i>Tabebuia rosea</i>	179
5.4. METRIALES Y METODOS	181
5.4.1. ubicación del área de estudio	181
(a). Jalisco	181
(b). Nayarit	182
(c). Colima	182
5.4.2. Algunas consideraciones para el cálculo de costos y beneficios	182
5.4.2.1. Costo de establecimiento	183
5.4.2.2. Valor del terreno de la plantación	184
5.4.2.3. Construcción de caminos	184
5.4.2.4. Protección de plantación	184
5.4.2.5. Trazo de la plantación	189
5.4.2.6. Apertura de cepas	185
5.4.2.7. Valor de la planta	185
5.4.2.8. Transporte de planta	185
5.4.2.9. Acarreo y distribución de planta	186
5.4.2.10. Plantación	186
5.4.2.11. Fertilización	186
5.4.2.12. Reposición de fallas	186
5.4.2.13. Control de maleza	187
5.4.2.14. Control de plagas y enfermedades	187
5.4.2.15. Riego de la plantación	187
5.4.2.16. Reparación de alambrado	187
5.4.2.17. Podas	187
5.4.2.18. Aclareos	188
5.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	189
5.5.1. El costo de la limpia y preparación de terreno	189
5.5.2. El costo para la construcción de brecha corta fuego	190
5.5.3. El costo para el control de plagas	190
5.5.4. El costo del cercado de la plantación	190
5.5.5. El costo de trazo de plantación	191
5.5.6. El costo de apertura de capas	191
5.5.7. El costo de la planta	191
5.5.8. El Costo del acarreo y distribución de la planta	192
5.5.9. El costo de plantación	192
5.5.10. El costo de fertilización	192
5.5.11. El costo de transporte de planta	192
5.5.12. El costo de la replantación	193

5.5.13. El costo del control de maleza	193
5.5.14. El costo de plagas y enfermedades	193
5.5.15. El costo de riegos	194
5.5.16. El costo de mantenimiento o reposición de alambrado	194
5.5.17. El costo de la poda de arbolado	194
5.5.18. Beneficios por concepto de aclareos	195
5.5.19. Calculo de la relación beneficio/ costo	196
5.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	198
5.7. LITERATURA CONSULTADA	199
5.8. Cuadros	203
5.9. Apéndice	207
INDICE DE FIGURAS, CUADROS Y APENDICES	209

## RESUMEN GENERAL

La presente tesis doctoral forma parte del proyecto de investigación 10522, apoyada con recursos económicos del Fondo Sectorial para la investigación, el desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal de México de la CONAFOR y el CONACYT, para el periodo de 3 años (2004 – 2007).

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar y conocer el comportamiento en crecimiento y desarrollo de plantaciones con diferentes especies forestales tropicales en los estados de Jalisco, Nayarit y Colima; que permitan desarrollar bases técnicas y científicas para una planeación y manejo sustentable de las plantaciones forestales.

La tesis esta conformado por cinco capítulos, generados con la información obtenida de la evaluación de siete plantaciones experimentales de especies forestales tropicales; se ubican en Campos y Sitios Experimentales del Centro regional de investigaciones del Pacífico Centro (CIRPAC), del Instituto nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en los estados de Jalisco, Nayarit y Colima.

En el Capítulo 1 se describe que especies se adaptan mejor a diferentes condiciones ecológicas, desde la perspectiva de sobrevivencia y parámetros dasométricos. Destacan las plantaciones de las especies *Roseodendron donnell-smithii* por su alta sobrevivencia y crecimiento, esto en la Unidad Experimental I del Campo Experimental Tecoman, Colima. *Tabebuia rosea* en el Sitio Experimental El Verdineño, Municipio de Santiago Ixcuintla Nayarit y *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, así como *Enterolobium cyclocarpum* en el Sitio Experimental Costa de Jalisco.

El Capítulo 2 trata aspectos sobre la elaboración de las tablas de volumen para diferentes especies forestales tropicales, las cuales son una herramienta para la estimación de las existencias maderables, de acuerdo al sitio y la especie, esenciales para los estudios dasométricos que la ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (Art. 73) y su Reglamento (Art. 37) establecen para la elaboración de planes y programas de manejo para el aprovechamiento de los recursos forestales maderables.

Se calcularon 17 tablas de volúmenes de las cuales 4 correspondieron para *Swietenia macrophylla*, 4 para *Cedrela odorata*, 4 *Tabebuia rosea*, 2 para *Roseodendron donnell Smithii*, 2 *Tectona grandis* y 1 para *Gmelina arborea*. Donde se muestra que a los 10 años la especie *Swietenia microphylla* aporta 0.077 m<sup>3</sup>r, con un incremento medio anual de 0.0077 m<sup>3</sup>r, para Tecoman, Colima. La misma especie para el La Huerta, Jalisco aportó 0.027 m<sup>3</sup>r con un incremento medio anual de 0.0027 m<sup>3</sup>r. Así sucesivamente para las demás especies.

En el capítulo 3 se muestra el desarrollo de coeficientes de aserrío de trozas de dimensiones cortas para las especies en estudio. Las trozas provienen del primer aclareo aplicado a una plantación experimental de diez años de haber sido establecida. Se describe el volumen real que se obtuvo en forma general por especie y por categoría diamétrica. La especie *Enterolobium cyclocarpum* reportó el mejor coeficiente de aserrío (49 %), mientras que *Tabebuia rosea* fue más bajo (34 %).

El Capítulo 4 versa sobre la estimación de la biomasa y la captación de carbono de las seis especies forestales. A partir de biomasa seca y funciones alométricas se estimó el potencial de captura de carbono para cada especie, por ejemplo; para *Tectona grandis* se calculó 122.21 Ton/ha, lo que representa 10.18 ton/año. Este trabajo contribuye al conocimiento de pagos por servicios ambientales para los silvicultores y en gran medida a valorar el beneficio que las plantaciones forestales realizan por el medio ambiente.

Por último, el Capítulo 5 presenta información importante sobre los costos y beneficios económicos que las plantaciones forestales pueden generar a mediano y largo plazo. La relación costo beneficio que reportó mayor valor fue la de *Gmelina arborea* con 6.11, *Roseodendron donnell smithii* 4.13 y *Tabebuia rosea* con 2.0. La información generada en este capítulo se considera relevante para las autoridades e inversionistas que se interesen en el negocio de las plantaciones forestales, ya que sobre este tópico poco se ha estudiado en el país. En cada uno de estos capítulos, se presentan los objetivos, metodologías, resultados y las conclusiones.

## INTRODUCCION GENERAL

Importancia y problemática del recurso forestal en México. El recurso forestal de mexicano esta conformado por 64 millones de hectáreas arboladas de bosques de clima templado y selvas, que cubren aproximadamente 32% del territorio nacional (FAO, 2006). Estos recursos son importantes en los aspectos social, económico y ambiental, ya que generan diversos bienes y servicios; sin embargo, con fines comerciales sólo se aprovecha entre 15 y 22% del potencial de corta (Torres, 2004). La producción maderable es aproximadamente de siete millones de metros cúbicos de madera en rollo (MMm<sup>3</sup>r); estos niveles de producción son insuficientes para abastecer las necesidades de consumo nacional, la cual es de 16 MMm<sup>3</sup>r (INEGI, 2006). Aunado a lo anterior, la presión ejercida a los recursos forestales ha ocasionado sobreexplotación, deforestación y degradación del suelo. Debido principalmente a: cambio de uso del suelo para agricultura y ganadería, alta incidencia y frecuencia de incendios forestales, mortalidad del arbolado por ataque de plagas y enfermedades, tala ilegal y regeneración natural insuficiente (SEMARNAT-CONAFOR, 2001).

Para contrarrestar dichos efectos adversos, el Gobierno Federal creó en 1995 el Programa Nacional de Reforestación (PRONARE); sin embargo, anualmente sólo se han reforestado, en promedio, 200,000 hectáreas (ha) (FAO, 2002; CONAFOR, 2004), mientras que las tasas de deforestación anual, en los últimos 15 años, en los bosques primarios del País fueron de 395,000 ha (FAO, 2006). Otro programa más reciente es PRODEPLAN, el cual se inició en 1997, y se rediseñado en 2001, es el primero de su tipo en el país. Este programa forma parte del Plan Nacional de Desarrollo Forestal 2025, cuyo objetivo es apoyar, a lo largo de 25 años, el establecimiento de 875,000 hectáreas de plantaciones forestales comerciales, con una producción anual esperada de 18 millones de metros cúbicos rollo total árbol. Con la ejecución de estos programas se espera reducir las importaciones de productos forestales, creando al mismo tiempo alternativas de desarrollo sustentable y diversificación productiva en México, mediante la reconversión al uso forestal de terrenos que alguna vez fueron desmontados con fines agropecuarios. Por otro lado, para fines de protección, en el período 2001-2006, se reforestaron 1'137,116 ha. Empero, las tasas de sobrevivencia apenas superan al 50% al año de plantado (CONAFOR, 2004; CONAFOR *et al.*, 2007), lo que indica que existen serias deficiencias en los eslabones de la cadena productiva, que requieren estudiarse a detalle y que deben mejorarse en forma sustancial para hacer más eficientes los procesos productivos.

**Justificación del trabajo.** En México la información técnica sobre el comportamiento y productividad de plantaciones forestales es insuficiente, por tanto, se planteó el presente trabajo de evaluación de plantaciones experimentales de especies forestales tropicales, con el objetivo de generar información técnica y científica sobre el comportamiento en crecimiento, productividad, estimación de biomasa, captura de carbono y rentabilidad de plantaciones forestales en tres entidades federativas del Occidente de México. Además, se espera que este trabajo sirva de base para la planeación y toma de decisiones para las futuras plantaciones forestales que se establezcan en el país.

## CAPITULO 1

### EVALUACIÓN DASOMETRICA DE PLANTACIONES FORESTALES EN JALISCO, NAYARIT Y COLIMA.

#### RESUMEN

México está considerado, como un país con vocación forestal importante. Sin embargo la superficie forestal ha venido disminuyendo de manera alarmante en la últimas décadas, esto debido a diferentes causas. El gobierno federal, en coordinación con los gobiernos estatales y municipales de todo el país, concientes de la problemática, han venido procurando revertir tal deterioro, implementando planes y programas de forestación y reforestación, por conducto de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Una alternativa factible son las plantaciones forestales comerciales. Pero, es necesario conocer que especies se adaptan mejor a diferentes condiciones ecológicas. Por lo que se planteó el presente trabajo con el propósito de evaluar y conocer el comportamiento en crecimiento y desarrollo de diferentes especies forestales, en tres regiones diferentes, con el fin de contar con las bases técnicas y científicas, para elaborar una adecuada planeación, en lo que se refiere a el establecimiento y manejo de nuevas plantaciones forestales. El proyecto se desarrolló en siete plantaciones experimentales establecidas en cuatro Campos Experimentales del INIFAP ubicados en Jalisco, Nayarit y Colima. Se realizó inventario y toma de datos dasométricos de las especies *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Roseodendron donnell-smithii*, *Tabebuia rosea*, *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla*. Las especies presentaron diferencias en supervivencia, diámetro y altura. *Roseodendron donnell-smithii* presentó adaptación buena y regular en Tecoman Colima y Costa de Jalisco, respectivamente y mala en El Verdineño, Nayarit. *Cedrela odorata*, y *Swietenia macrophylla* presentaron una supervivencia menor que la anterior, sin embargo en esta ultima su adaptación fue más uniforme en todos los campos. Los mejores diámetros en orden de importancia: *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Roseodendron donnell-smithii*, *Tabebuia rosea* y *Swietenia macrophylla*. En alturas en orden de importancia: *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Roseodendron donnell-smithii*, *Tabebuia rosea* y *Swietenia macrophylla*.

## 1.1. INTRODUCCION

Los bosques y selvas de México no sólo son de los más biodiversos del planeta, además capturan dos terceras partes del agua que usamos y dan hogar y sustento a más de diez millones de personas (Green Peace, 2005). México está considerado, como un país con vocación forestal importante, ya que el 72 % (141.7 millones de hectáreas) de la superficie total, se encuentran dedicadas a los distintos usos forestales. Cuenta con varios ecosistemas forestales naturales, siendo los principales tipos de vegetación; los bosques de clima templado frío (coníferas y latí foliadas; 30,4 millones de hectáreas), Las selvas (26,4 millones de hectáreas) y La vegetación de zonas áridas (58,5 millones de hectáreas) (De León, 2001).

Sin embargo dicha superficie ha venido disminuyendo de manera alarmante en la últimas décadas, esto debido a diferentes causas dentro de las cuales, las más sobresalientes son; cambios de uso del suelo para zonas agrícolas o ganaderas, los incendios forestales, las talas ilegales, incendios, plagas y en enfermedades, y tala sin un adecuado plan de manejo, entre otros (CONAFOR, 2006).

El gobierno federal, en coordinación con los gobiernos estatales y municipales de todo el país, concientes de la problemática que el recurso forestal presenta, y a sabiendas de la gran importancia que este sector representa en nuestro país, han venido procurando revertir tal deterioro implementando planes y programas de forestación y reforestación, por conducto de la CONAFOR y sus diferentes programas entre ellos el PRODEPLAN.

Este programa iniciado en 1997, y re diseñado en 2001, es el primero de su tipo en el país. Su objetivo es apoyar, a lo largo de 25 años, el establecimiento de 875,000 hectáreas de plantaciones forestales comerciales, a fin de reducir las importaciones de productos forestales, creando al mismo tiempo alternativas de desarrollo sustentable y diversificación productiva en México, mediante la reconversión al uso forestal de terrenos que alguna vez fueron desmontados con fines agropecuarios (CONAFOR, 2006)

Por lo anterior se hace necesario, buscar alternativas viables para incrementar la riqueza arbórea y mejorar la situación económica de los productores. Una alternativa factible desde el punto de vista técnico, económico y social pueden ser las plantaciones forestales comerciales. Pero, es necesario conocer que especies se adaptan mejor a condiciones de monocultivo y/o asociadas con otros cultivos. Por lo que se planteó el presente trabajo para conocer el comportamiento del crecimiento y desarrollo de las especies en estudio y las razones del éxito o fracaso de una plantación, con el fin de contar con las bases técnicas y científicas, para elaborar una adecuada planeación, en lo que se refiere a el establecimiento y manejo de nuevas plantaciones forestales.

## 1.2. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la adaptación, el crecimiento y productividad de siete especies forestales tropicales en tres entidades federativas del occidente de México.

### 1.2.1. OBJETIVO ESPECIFICO

Evaluación de la sobrevivencia, diámetros y alturas promedio, e índices de productividad de las especies forestales de *Cedrela odorata*, *Roseodendron donnell-smithii*, *Tabebuia rosea*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Swietenia macrophylla* *Gmelina arborea* y *Tectona grandis*.

## 1.3. HIPOTESIS

Existen diferencias en la adaptación, crecimiento y productividad dentro de una misma especie y entre especies en plantaciones forestales experimentales de especies tropicales en Jalisco, Nayarit y Colima.

## 1.4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 1.4.1 Marco conceptual

**1.4.1.1. Plantación forestal:** es el cultivo forestal establecido en forma artificial, ya sea por plantación de arbolitos obtenidos de vegetativa o por siembra directa de semilla (Patiño y Vela 1981). Es una actividad silvícola que forma parte elemental en los planes de manejo de los bosques y selvas (Hernández, 1995). Vegetación forestal, establecida de manera artificial en terrenos de aptitud preferentemente forestal; con propósitos de conservación, restauración o producción forestal, que abarca superficies mayores a una hectárea (Flores *et al.*, 1995).

**1.4.1.2. Plantación forestal comercial:** El establecimiento, cultivo y manejo de vegetación forestal en terrenos temporalmente forestales o preferentemente forestales, cuyo objetivo principal es la producción de materias primas forestales destinadas a su industrialización y/o comercialización (Ley forestal 2003).

**1.4.1.3. Forestación:** Es el establecimiento o recuperación de bosques, ayudando a la regeneración natural de montes ya existentes, o creándolos directamente el hombre en terrenos donde no lo había antes o eran insuficientes (Cozzo, 1976). Es el establecimiento de una plantación forestal en terrenos de aptitud preferentemente forestal, abarcando superficies mayores a una hectárea (Olayo, 1994).

**1.4.1.4. Reforestación:** Acto de plantar arbolitos en áreas donde ya había existido vegetación en épocas pasadas (Padilla, 1981).

Establecimiento inducido de vegetación forestal en terrenos, que abarcan superficies mayores a una hectárea (Olayo, 1994).



#### **1.4.1.5. Dasonomía (Dasos: bosque y Nomos: ley)**

Es la Ciencia que trata sobre las relaciones de los bosques y el bienestar humano. Constituye la ciencia y el arte de controlar, proteger, producir y utilizar los bosques, a partir de su existencia y utilización con el fin de lograr los óptimos beneficios posibles para el hombre, beneficios que pueden ser tangibles o intangibles (Padilla, 1981).

#### **1.4.1.6. Dasometría**

Rama de la dasonomía o ciencia forestal que estudia la medición de los bosques o de sus productos, a través de las dimensiones de los elementos que los constituyen; considerándose tales elementos a los árboles o a las partes de estos que serán aprovechados en alguna forma (Padilla, 1981). En la investigación forestal se emplea la dasometría, para juzgar el desarrollo de los árboles o de especies bajo distintas condiciones. Por ejemplo, se puede comparar el crecimiento y la forma de especies que están creciendo en distintas calidades de suelo. También se puede determinar la influencia de aclareos sobre el crecimiento y la forma de los árboles (Pieter *et al.*, 1982).

#### **1.4.1.7. Medición de árboles y masas forestales**

Para poder calcular el volumen de madera de árboles y de masas forestales, se debe medir la altura y el diámetro de los árboles. Mediante estas medidas se puede determinar el área basal y el volumen. La edad de los y su crecimiento son otros factores que se determinan a través de mediciones. Las mediciones se pueden efectuar en árboles talados o en árboles en pie (Pieter *et al.*, 1982).

##### **1.4.1.7.1. Altura**

La altura esta definida por la elevación de cualquier objeto sobre la superficie de la tierra y la dimensión del objeto desde su base hasta el vértice de el mismo (Padilla, 1981). En la investigación forestal y sobre todo en la medición de árboles, se pueden distinguir la altura total; distancia vertical entre el suelo y la yema terminal de un árbol, Altura Comercial; distancia vertical entre el nivel del tocón (0.30 cm) y la última parte comerciable del árbol, Altura de Fuste limpio; distancia vertical entre el nivel del suelo y la porción en donde se inicia la copa del árbol (Padilla, 1981 y Pieter *et al.*, 1982). La altura de los árboles en pie se puede medir en forma directa o indirecta. La medición directa puede efectuarse mediante varas graduadas, y la medición indirecta se puede hacer mediante equipo especializado; altímetros, clinómetros, pistola Aga, entre otros. (Pieter *et al.*, 1982).

##### **1.4.1.7.2. Diámetro**

El diámetro geoméricamente, es una línea recta que pasa por el centro del círculo y termina, por ambos extremos, en la circunferencia ( Padilla, 1981).

El diámetro de los árboles en pie se debe medir a una altura de 1.30 m por encima del nivel del suelo. Este diámetro se llama diámetro a la altura del pecho (DAP), y se mide mediante forcípula o cintas diamétricas (Pieter *et al.*, 1982). Cuando el árbol se bifurca abajo del 1.30 m, se debe medir el diámetro en ambos fustes. Si un árbol está situado en una pendiente, el diámetro se debe medir desde la parte superior de la pendiente. Cuando un árbol presenta costillas basales por encima de una altura del 1.30 m, el diámetro se debe medir 30 cm. arriba del punto donde terminan las costillas. La influencia de la excentricidad del tronco sobre las mediciones se puede eliminar midiendo el diámetro dos veces, en forma de cruz, y como diámetro del árbol se toma el promedio de estas mediciones (Pieter *et al.*, 1982). De conformidad con Olvera *et al.*, (1996) el diámetro de un árbol individual puede estimarse a partir de la fórmula de la circunferencia:

$$C = \pi d, \text{ despejando } d$$

$$d = C/\pi$$

Donde: **C** = circunferencia del árbol,  $\pi = 3.1416$  y **d** = diámetro

Sin embargo, las cintas diamétricas usadas para la medición de los diámetros están generalmente graduadas en intervalos de unidades  $\pi$ , de tal manera que permiten medir el diámetro sin necesidad de realizar cálculos. Asimismo Olvera *et al.* (1996), refiriéndose a que si se desea obtener un valor promedio de la medida de los diámetros de un rodal, este se puede obtener a partir de una sumatoria de los diámetros normales (DN) dividido entre el número de observaciones. Pero si el objetivo es estimar un promedio del área transversal o el volumen de un sitio, entonces es necesario estimar el diámetro cuadrático medio a través de:

$$D_c = \text{Raiz}^2 \text{ de } \sum_{i=1}^v d^2$$

#### 1.4.1.7.3. Área basal (AB)

El área basal o área basimétrica es la superficie de la sección transversal de un árbol a la altura del pecho (1.30 m) sobre el nivel del suelo. El área basal se mide en metros cuadrados ( $m^2$ ) y se calcula, según la siguiente fórmula:

$$AB = 0.8 d^2 \text{ en donde } AB = \text{área basal en } m^2$$

$$d = \text{diámetro a la altura del pecho (1.30) en m.}$$

El área basal de un rodal es igual a la suma de las áreas basales de todos los árboles del rodal. Este valor es un indicador para evaluar la densidad de un rodal (Pieter *et al.*, 1982). Por su parte Olvera *et al.*, (1996) establecieron que el área basal de un árbol se refiere a la superficie con corteza de la sección transversal del tronco de un árbol a una altura de 1.30 m, y esta es calculada mediante la siguiente fórmula:

Puesto que  $A = \pi r^2 = 3.1416 r^2$   
Entonces  $AB = \pi r^2/4 = 0.7854 d^2$

Donde:  
 $A$  = área  
 $r$  = radio

**AB** = área basal

Por lo tanto el área basal de un árbol será; **AB = 0.7854d<sup>2</sup>**  
Entonces el área basal total de un sitio será **ABt = 0.7854\***

#### 1.4.1.7.4. Volumen

De acuerdo con Pieter *et al.*, (1982) el volumen de los árboles se puede determinar en árboles derribados o en pie. Los árboles derribados frecuentemente se subdividen en trozas o secciones, y el volumen de estas se pueden calcular mediante la siguiente formula:

$$V = S_m \times L \quad \text{o también} \quad V = 1/2 (S_1 + S_2) \times L$$

Donde:

$V$  = Volumen de la troza en m<sup>3</sup>

$S_m$  = Area de la sección central de la troza en m<sup>2</sup>

$S_1$  = Area superior de la troza en m<sup>2</sup>

$S_2$  = Area inferior de la troza en m<sup>2</sup>

$L$  = Longitud de la troza en m

#### 1.4.1.7.5. Calculo de volumen de árboles y masas forestales

Para calcular el volumen de madera de un bosque, no es práctico medir todos los árboles (Pieter *et al.*, 1982). Por lo tanto, se determina el volumen mediante un muestreo, y afirman que las áreas de muestreo pueden ser de forma cuadrangular, rectangular o circular, y que conociendo el volumen de madera del área de muestreo, fácilmente se calculará el volumen contenido en todo el bosque. Los mismos autores describen que para el cálculo de del volumen de rodales o bosques, existen varios métodos. Uno de éstos es el cálculo del volumen mediante el árbol medio. El árbol medio es aquel cuyo volumen, cuando es multiplicado por el número de todos los árboles, da el volumen total del rodal. Para encontrar ejemplares del árbol medio en la parcela de muestreo, se debe conocer el diámetro medio, y este ultimo es el diámetro que corresponde al área basal media, misma que se obtiene dividiendo el área basal total de la parcela de muestreo entre el número de árboles que contiene.

Por su parte Olvera *et al.*, (1996) indican que para el calculo del volumen en metros cúbicos de madera en rollo por unidad de superficie, es relativamente complicada, debido a que generalmente la forma de los árboles es bastante irregular y en ocasiones no presentan la misma semejanza a los sólidos geométricos convencionales (conos, cilindros, paraboloides, etc.), por lo cual la estimación del volumen es un proceso muy meticuloso.

Generalmente, el cálculo del volumen consiste en utilizar formulas semejantes para estimar el volumen de algunas figuras geométricas y emplear como variables aquellas que fueron medidas directamente en el campo.

Si el interés es conocer el volumen de un árbol, se debe tener en cuenta que su forma geométrica es similar a un cono (si se trata de una conífera, principalmente), la estimación del volumen se realiza a través del diámetro normal y su altura, en esta forma se esta calculando el volumen de un cilindro, entonces será necesario calcular su factor de forma, conocido como Coeficiente Mórfico. Este ultimo es la relación que existe entre el volumen real de un árbol y el volumen aparente, esto es:

$$f = \frac{\text{Volumen real}}{\text{Volumen aparente}} = \frac{\text{volumen de tocón+vol. de fuste+Vol. de ramas}}{\text{Area basal x altura}}$$

De manera que si se tiene un árbol con un volumen real de 2.134 m<sup>3</sup> con un diámetro de 55 cm. y una altura de 20 m, entonces:

$$f = \frac{\text{Volumen real}}{1/4\pi D^2AT} = \frac{2.134 \text{ m}^3}{0.7854(0.55\text{m})^2 (20 \text{ m})}$$

Por otra parte Olvera *et al.* (1996), mencionan que si el interés es estimar el volumen del árbol en secciones, entonces es necesario utilizar ciertas formulas acordes a la sección del árbol que se desea cubicar. Por ejemplo, cuando la punta de los árboles es de forma geométrica similar a un cono, su volumen puede ser estimado por medio de la formula siguiente:

$$V = (L/3)(Db+R^2 de (Db)(Dp) +Dp)$$

O bien si el diámetro en la punta de un árbol puede considerarse 0, entonces se debe emplear la siguiente formula:

$$V = 1/3 (Db*L)$$

Donde:

- V = Volumen de la troza en m<sup>3</sup>
- L = Longitud de la troza
- Db = Diámetro de la base
- Dp = Diámetro de la punta

Asimismo Olvera *et al.*, (1996) señalan que en términos generales existen 3 formulas para estimar el volumen de las trozas posteriores a la troza de la punta, las cuales son:

FORMULA DE HUBER  $V = Dm * L$   
FORMULA DE SMALIAN  $V = (D1 + D2)L$   
FORMULA DE NEWTON  $V = (D1 + 4Dm + D2) L/6$

Donde:

V = Volumen de la troza en m<sup>3</sup>  
Dm = Diámetro de la sección media de la troza  
D1 = Diámetro del extremo inferior  
D2 = Diámetro del extremo superior  
L = Longitud total de la troza.

#### 1.4.1.7.6. Edad de los árboles

La edad de los árboles constituye la base para calcular el incremento de madera por año de los bosques. Un método seguro para determinar la edad de los árboles es mediante los registros, los cuales contienen las fechas de plantación. En especies de árboles con periodo de reposo anual, se puede determinar la edad contando los anillos de crecimiento, de árboles en pie; se pueden extraer virutas con el taladro de Pressler. El número de anillos de crecimiento disminuye en relación con la altura, por lo tanto, las virutas se deben extraer siempre a 1.30 m de altura del árbol. Muchas especies tropicales no producen anillos anuales. En este caso, para estas especies se deben efectuar mediciones periódicas en parcelas permanentes, de manera que, se pueda relacionar el incremento en madera con la edad (Pieter *et al.*, 1982).

#### 1.4.1.7.7. Crecimiento

El crecimiento desde el punto de vista biológico, es simplemente el desarrollo o aumento de tamaño de un organismo. En silvicultura, es el fenómeno de desarrollo de un árbol o masa forestal que se observa en ellos íntegramente. Este desarrollo puede ser en diámetro, altura, área basimétrica y/o volumen. El crecimiento puede ser **Monopódico**; brote terminal del tronco o de la rama que continúan creciendo indefinidamente. **Simpódico**; brote terminal del tronco o de las ramas que tienen crecimiento limitado, después de uno o varios ciclos de crecimiento es reemplazados por brotes axilares (Padilla, 1981).

El crecimiento de los árboles depende de la especie, de su edad y de la calidad del sitio en el cual crecen. En estado joven, muchas especies coníferas producen anualmente un verticilo. La distancia entre los verticilios representa el crecimiento durante un año. El modelo de crecimiento de las especies forestales en relación con su edad generalmente sigue una curva en forma de S. Inicialmente crecen lento, después crecen rápidamente y luego la velocidad de crecimiento se reduce nuevamente.

El crecimiento de los árboles depende de las propiedades del suelo y otros factores, como la precipitación. La relación entre estos factores y el crecimiento se puede expresar en curvas de calidad de sitio (Pieter *et al.*, 1982).

De acuerdo con los mismos autores en relación al tiempo, se pueden distinguir tres tipos de crecimiento del volumen de madera de árboles; incremento corriente anual (ICA), es el incremento volumétrico durante un cierto año, incremento periódico anual (IPA), es el incremento medio anual durante un periodo definitivo, e incremento medio anual (IMA) es el incremento anual durante la edad del árbol. Este último se obtiene dividiendo las dimensiones del árbol o masa forestal entre su edad (Padilla, 1981).

Maya (2001), en su trabajo relacionado con la influencia de la edad del cambium, tasa de crecimiento y nivel de precipitación sobre la densidad básica de la especie forestal conocida como Teca (*Tectona grandis*), en el cual el objetivo fue determinar el comportamiento de la densidad básica ( $Po/Vv$ ) desde la médula hacia la corteza de la madera de esta especie, así como la influencia de la edad del cambium, tasa de crecimiento y nivel de precipitación en árboles creciendo en la zona del Caribe de Costa Rica, y los resultados preliminares le permitieron establecer que la densidad básica de la madera aumenta de la médula a la corteza, y esta se ve afectada principalmente por la edad del cambium y la tasa de crecimiento. En tanto que el nivel de precipitación, no afectó significativamente la densidad básica de la madera en los árboles. Asimismo, señala que el manejo intensivo de las plantaciones disminuye la relación entre densidad básica y la edad del cambium o bien la tasa de crecimiento altura media y otros.

#### **1.4.2. Evaluación de plantaciones forestales**

La evaluación de una plantación forestal, consiste en aplicar alguna técnica para recopilar información de alguna o algunas características particulares de la misma. Tal información es sometida a un análisis, que posteriormente se usará para escoger apropiadamente un plan eficiente de acciones a llevar a cabo en la planeación, tanto en el manejo de la masa arbolada, como en la administración de la misma (Torres y Magaña, 2001).

Generalmente, el objetivo de la evaluación de una área reforestada, es determinar su "status" actual y el potencial del arbolado y demás recursos presentes. Los objetivos pueden ser muy diversos; sin embargo en algunos casos se reconocen aspectos importantes tales como; evaluación de la sobrevivencia, evaluación del inventario forestal (volumen), evaluación del crecimiento, evaluación para manejo, y evaluación del sistema y método de plantación. Asimismo, se consideran algunas alternativas de evaluación financiera (Torres y Magaña, 2001).

La evaluación de la calidad de la actividad de la reforestación es hoy en día una actividad imprescindible en programas de reforestación. El principio de control de calidad debe llegar a formar parte fundamental de la actividad forestal. Tanto para el estado (Gobierno), que a través de sistemas de incentivos persigue aumentar el área de plantaciones, como para el inversionista que busca recuperar el capital invertido en proyectos comerciales de reforestación.

En ambos casos es vital poder conocer con precisión. ¿cuánto efectivamente ha sido plantado? y si la plantación ha sido establecida con la calidad técnica contratada, que asegure la recuperación a futuro la inversión realizada (Murillo *et al.*, 2003). Lamb (1968), describe el comportamiento de la especie *Gmelina arborea* en una plantación de 10 años de establecida en Malawi, a una altitud de 1150 m, con un espaciamiento de 2.7 x 1.8 m, en la cual dicha especie alcanzó una altura promedio de 15.3 m (IMAA 1.53 m) y un DAP de 23 cm (IMAD 2.3 cm).

Escarpita (1978), reportó los resultados de una plantación de *Gmelina arborea* a 4 años y ocho meses de edad con un espaciamiento de 3.0 x 3.0 m., en Benito Juárez, Tuxtepec, Oaxaca, con una altura promedio de 19.6 m, DAP de 17.1 cm y una supervivencia de 95%, el volumen total fue de 116 m<sup>3</sup>/ha y demostró tener el mayor incremento corriente anual, con 24.4 m<sup>3</sup>/ha.

Cedeño (1978), evaluó 10 especies forestales, 3 exóticas y 7 nativas en el Campo Experimental de Escárcega, Campeche. A los 6 años *Gmelina arborea* alcanzó una altura de 11.0 m, diámetro de 19.1 cm y supervivencia de 81%, *Eucalyptus camaldulensis* con una altura de 13.50 m y 81 % de supervivencia. El Jobo presentó 7.50 m de altura y 14.6 cm de diámetro. Se concluye que las especies exóticas sobresalieron sobre las nativas, destacando que *G. arborea* y *E. camaldulensis* fueron las que presentaron una mejor adaptación y desarrollo de acuerdo a las variables evaluadas.

Cedeño (1978), presentó algunos resultados de una plantación de cuatro especies en Escárcega, Campeche, con diferentes edades, obteniendo un incremento promedio por especie de: *Acrocarpus fraxinifolius* a la edad de 7 años presentó un IMAA 1.57 m y IMAD 2.08 cm, a los 4 años IMAA 1.87 m y IMAD 2.4 cm, *Tectona grandis* con edad de 3 años un IMAA 1.66 m y IMAD 1.4 cm, *Shizolobium parahybum* edad 7 años un IMAA 2.21 m y IMAD 1.91 cm y *Gmelina arborea* a la edad de 7 años presentó un IMAA 2.28 m y IMAD 3.92 cm respectivamente. Concluyó que las especies que tuvieron mejores incrementos en IMAA fueron *Gmelina arborea* y *Shizolobium parahybum*, en IMAD *Gmelina arborea* y *Acrocarpus fraxinifolius*.

En el campo experimental El Tormento en Escárcega, Campeche, en Agosto de 1975 se realizó una plantación experimental de melina (*Gmelina arborea*), en la cual se evaluaron tres procedencias. El diseño experimental fue completamente al azar, contando con tres tratamientos (procedencias). Cada tratamiento constó de 36 plantas con una distancia de 2.5 x 3 m, la superficie de la plantación fue de 813 m<sup>2</sup>, cada tratamiento tuvo tres repeticiones (Barrio, 1980 citado por Forte, 2005).

La primera evaluación se realizó a los 5 años de edad. De las tres fuentes locales la sobrevivencia fue igual para los tres tratamientos alcanzando valores del 100%. Respecto al diámetro el comportamiento fue similar, no habiendo diferencias significativas entre las procedencias. El diámetro mayor de 15.8 cm. correspondió a la procedencia 2. El diámetro menor de 14.4 cm. fue el de la procedencia 3. La procedencia 1 tuvo un diámetro similar a la 2 con 15.7 cm.

El comportamiento en altura también fue similar existiendo una diferencia entre la altura mayor y menor de 0.5 m. La altura mayor fue de 12.0 m para la procedencia 1 y la menor de 11.5 m para la procedencia 3. No hubo diferencias significativas ni para el diámetro ni para la altura (Barrio, 1980 citado por Forte, 2005).

Bertoni *et al.*, (1980) Evaluó el comportamiento de 9 especies forestales (2 exóticas y 7 nativas) las cuales fueron plantadas en 1971 bajo diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones en el Campo Experimental Forestal El Tormento ubicado en Escárcega, municipio del Carmen, Campeche. Las variables evaluadas fueron; sobrevivencia, diámetro y altura. La especie que sobresalió fue la *Gmelina arborea* la cual tuvo 14 m de altura y 19 cm. de diámetro. Otras especies que tuvieron buenos resultados fueron, jobo (*Spondias mombin*), cuyas alturas fueron 7 m y 14 cm. de diámetro; el eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), presentó 11 m de altura y 9 cm. de diámetro; la parota (*Enterolobium cyclocarpum*) con 9 m de altura y 12 cm. de diámetro y para el machiche (*Lonchocarpus castilloi*) obtuvo 7 m de altura y 11 cm. de diámetro.

Las especies que presentaron menores incrementos fueron cedro (*Cedrela odorata*) cuya altura fue de 3 m y el diámetro de 4 cm.; la caoba (*Swietenia macrophylla*) con 5 m de altura y 5 cm. de diámetro; el ciricote (*Cordia dodecandra*) presentó 4 m de altura, 5 cm. de diámetro y el granadillo (*Platymiscium yucatanum*) con 6 m de altura y 7 cm. de diámetro. Estas últimas especies fueron consideradas como de lento crecimiento (Bertoni *et al.*, 1980).

De la Cruz (1984) citado por Sánchez (1989), observó el comportamiento de 21 especies forestales e introducidas en Huimanguillo, Tabasco, establecidas con un espaciamiento de de 4.0 x 4.0 m. A los 2 años cinco meses, la especie más sobresaliente fue *Gmelina arborea* con una altura promedio de 8 m (IMAA 3.2 m) y DAP de 10.1 cm (IMAD 4.04 cm). Se concluye que las especies exóticas tuvieron un desarrollo favorable como son: *G. arborea*, *Eucalyptus sp.*, *Tectona grandis* y *Casuarina sp.*; asimismo crecen mejor que las especies nativas como: *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Tabebuia rosea* y *Ceiba pentandra*.

Juárez y Ramírez (1985), señalan que en la evaluación de una plantación de 7 años y once meses de edad de *Gmelina arborea* en Escárcega, Campeche. En cuatro espaciamientos (2.0 x 2.0, 2.5 x 2.5, 3.0 x 3.0 y 3.5 x 3.5 m). El objetivo fue evaluar la supervivencia, diámetro, altura y volumen. Los incrementos más altos en se presentaron en: 2.5 x 2.5 m con un IMAA 1.64 m e IMAD de 1.54 cm, y en el IMAV 0.0219 m<sup>3</sup>, mientras que en el espaciamiento de 3.5 x 3.5 m presentó un IMAA de 1.38 m e IMAD de 1.64 cm y un IMAV de 0.215 m. En la supervivencia no existió diferencia significativa, aunque el porcentaje más prometedor fue de 84%.



Gómez (1989), presentó un trabajo sobre ocho especies forestales de rápido crecimiento, cuatro exóticas y cuatro nativas en el Campo Experimental de Escárcega, Campeche. A los 7 años presentaron un crecimiento en altura, diámetro y supervivencia promedios de: *Gmelina arborea* 10.75 m (IMAA 1.53 m), 13.7 cm (IMAD 1.95 cm) y 90%, *Delonix regia* con 4.34 m, (IMAA 0.62 m), 8 cm (IMAD 1.14 cm) y 77%, *Tectona grandis* con 2.50 m (IMAA 0.36 m), 3.90 cm (IMAD 0.56 cm) y 20% y *Enterolobium cyclocarpum* con 1.67 m (IMAA 0.23 m), 2.50 cm (IMAD 0.36 cm) y 29% y *Acrocarpus fraxinifolius* con 1.47 m (IMAA 0.21 m), 1.30 cm (IMAD 0.18 cm) y 7% de supervivencia respectivamente. Se encontraron diferencias significativas en las tres variables evaluadas. Concluye que la especie que alcanzó la mayor altura, diámetro y supervivencia fue *Gmelina arborea*, seguida de *Delonix regia* y el tercer lugar fue para *Tectona grandis*.

Chávez y Fonseca (1991), describen los resultados del establecimiento de *Tectona grandis* en diversos países. En Argentina a la edad de 16 a 17 años, con un espaciamiento de 2.0 x 3.0 m, alcanzo una altura media de 16 m y un DAP de 14 a 15 cm. En Brasil a la edad de 9 años con un espaciamiento de 1.0 x 1.0 m, alcanzo una altura media de 9.3 m y DAP de 9.0 cm. En Colombia a la edad de 5 a 6 años alcanzó una altura media de 16 a 17 m y DAP de 14.5 a 15.4 cm. Concluye que esta especie presento los mejores resultado en espaciamiento, altura y diámetro en Colombia.

De la Cruz y Barrosa (1993), en su trabajo ensayo de especies de rápido crecimiento con eucalipto, teca y melina en Huimanguillo, Tabasco. A los 8 años de edad la altura y diámetro promedio corresponde para: eucalipto con 20.8 m, y 27.0 cm; teca con 16.0 m, y 21.0 cm, y melina con 17.9 m, y 32 cm, respectivamente. Concluyendo que la especie eucalipto fue la especie que presento el mejor desarrollo y adaptación, seguida de teca y por ultimo melina.

Díaz *et al.*, (1993) citado por Patiño (1995), muestran los resultados de un ensayo de *Tectona grandis* en cuatro espaciamientos: 2 x 2, 2.5 x 2.5, 3 x 3 y 3.5 x 3.5 m, en el Campo Experimental de Escárcega, Campeche. A los 7 años indicaron que no se encontraron diferencias significativas al comparar el crecimiento en altura, diámetro y supervivencia entre los espaciamientos. Sin embargo, los mayores crecimiento en altura, diámetro y supervivencia se obtuvieron en los espaciamientos de 3 x 3 m y 3.5 x 3.5 m, con valores de 6.72 m, 8.84 cm y 87 % y 5.67 m, 7.59 cm y 77% respectivamente. Se recomienda el espaciamiento de 3 x 3 m en el establecimiento futuro de esta especie, que corresponde a una densidad de plantación de 1111 árboles/ha.

Chávez y Fonseca (1995), evaluaron una plantación de *Tectona grandis* establecidas en la Península de Nicolás, Costa Rica. Los resultados a los 4 y 5 años de edad en altura y diámetro correspondieron a 13.00 m y 10.7 cm, y de 13.25 m y 11.50 cm respectivamente. Agrosot Ltda (2000), informó que *Gmelina arborea* ha constituido en una de las principales especies utilizadas en los programas de plantación de muchos países.

Estudios realizados en la Sierra Leona, en África reportan parcelas de investigación a edades diferentes en sitios buenos con alturas y diámetro promedios que corresponden: a la edad de 3 años con 7.31 m y 11.3 cm, a los 6 años con 13.4 m y 22.7 cm, a 7 años con 14 m y 32 cm, y a los 10 años con 15.2 m y 32 cm. En la Habana, Cuba mostró resultados en espaciamiento de 3.0 x 3.0 m, a la edad de 4.5 años de 12.2 m y 23.9 cm, y a los 11.5 años con 17.2 m y 44.6 cm.

Pérez y Kanninen (2002), muestran los resultados de una plantación de *Tectona grandis* en Costa Rica. A los 4 años de edad alcanzo una altura y diámetro promedio de 13 m y 13.5 cm y los 5 años de 14.4 m y 16.0 cm respectivamente. Agropecuaria Santa Genoveva (2004), reporta resultados de una plantación de dos especies, una exótica y una nativa bajo sistema de riego por goteo y fertirrigación en el municipio de Campeche, Campeche con edades diferentes. Al 1 año y diez meses *Tectona grandis* mostró un crecimiento en altura y diámetro de 4.79 m y DAP de 4.73 cm respectivamente, mientras que *Cedrela odorata* al 1 año y seis meses presento una altura de 2.72 m y un DAP 3.13 cm. Estas dos especies presentaron un supervivencia promedio del 95%.

Reforesta Mexicana (2004), realizó una evaluación de dos especies exóticas de rápido crecimiento establecida en el municipio de las Choapas, Veracruz con diferentes edades. Los resultados demostraron un crecimiento en altura y diámetro promedio por especie de: *Tectona grandis* a 1 año y tres meses con 2.05 m y 2.73 cm, a 2 años con 3.46 m y 4.0 cm, a 2 años y dos meses con 3.43 m y 3.96 cm, a 3 años con 6.51 m y 9.0 cm respectivamente y *Toona ciliata* a 1 año y siete meses con 3.16 m y 5.27 cm, a 2 años y dos meses con 4.2 m y 6.16 cm, a 3 años y dos meses con 8.0 m y 6 cm respectivamente.

Muñoz *et al.*, (1995) reportan la evaluación de cinco especies nativas establecidas en el Campo Experimental "Valle de Apatzingán" municipio de Parícuaro, Michoacán. A una densidad de 2.0 x 2.0 m (2 500 árboles/ha). Los resultados a 1 año seis meses mostraron un crecimiento en altura y supervivencia por especie de: Cueramo con 3.66 m y 90%, primavera con 3.37 m y 67%, cedro rojo con 1.99 m y 21%, cobano con 1.60 m y 71% y rosa morada con 1.22 m y 64 % respectivamente. Concluyen que el cueramo y la primavera son las especies que presentaron los mejores crecimientos en altura y supervivencia a la edad de evaluación.

Muñoz *et al.*, (1996) evaluaron dos especies tropicales: Primavera y cedro rojo, establecidas en el Campo Experimental "Valle de Apatzingán". Los resultados a un año mostraron una altura y supervivencia promedio para primavera de 2.42 m y 95% y cedro rojo con 1.50 y 72% de supervivencia respectivamente. Concluyen que dichas especies pueden ser recomendadas.

Espinoza (1994), realizó un trabajo en el campo experimental El Verdineño en el estado de Nayarit donde evaluó cuatro especies forestales; Primavera (*Roseodendron donnell smithii*), Cedro rojo (*Cedrela odorata*),

Caoba (*Swietenia macrophylla*) y Amapa (*Tabebuia rosea*). Los valores que presenta son al primer año de que se estableció la plantación con los siguientes resultados, la primavera fue la que mostró el mayor diámetro y altura promedio con 1.5 cm. y 2.0 m respectivamente y la caoba en segundo lugar con 1.8 m de altura promedio. La misma plantación a los 2 años de establecida la plantación, se lograron los siguientes desarrollos: la primavera continuó los crecimientos mas altos con 8.6 cm. de diámetro y 5.8 m de altura y la especie de menor desarrollo fue la caoba con diámetro promedio de 3.4 cm. y altura promedio de 2.5 m (Ordaz, 1995).

Muñoz *et al.*, (1996) describe que en una plantación forestal de un año de establecida con las especies de Primavera (*Roseodendron donnell smithii*) y Cedro rojo (*Cedrela odorata*) establecida en El Campo Experimental Valle de Apatzingan, en el estado de Michoacán, se tuvieron los siguientes resultados; la primavera tuvo un 95% de sobrevivencia y una altura promedio de 2.42 m, el cedro rojo tuvo una sobrevivencia de 72% y una altura promedio de 1.50 m.

Cruz (2003), menciona que en plantaciones forestales experimentales con las especies de melina (*Gmelina arborea*) y Caoba (*Swietenia macrophylla*) realizadas en la Huasteca Potosina, a la edad de 5 años de establecidas, estas alcanzaron diámetros de 19 y 11.6 cm con alturas promedio de 12 y 4.6 m respectivamente.

Cruz (2005), señala que en plantaciones forestales experimentales con las especies de Cedro rojo (*Cedrela odorata*) y Rosa morada (*Tabebuia rosea*), establecidas en la Huasteca Potosina y 6 años de edad desarrollaron diámetros de 11.5 y 12.1cm con alturas de fuste de 3.4 y 2.3 m de altura respectivamente.

## **1.5. MATERIALES Y METODOS**

### **1.5.1. Ubicación del área de estudio**

El área de estudio comprendió cuatro sitios ubicados en tres estados de la República Mexicana; Jalisco, Nayarit y Colima (Figura 1.1).

### **1.5.2. Antecedentes de las plantaciones forestales**

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, en el Occidente de México, cuenta con dos Campos y dos Sitios Experimentales en los cuales se establecieron los siete módulos de plantaciones forestales con las especies tropicales tales como; Cedro rojo (*Cedrela odorata*), Primavera (*Roseodendron donnell-smithii*), Rosa morada (*Tabebuia rosea*), Caoba (*Swietenia macrophylla*), Parota (*Enterolobium cyclocarpum*), Melina (*Gmelina arborea*) y Teca (*Tectona grandis*).

### **1.5.2.1. Campo Experimental Tecoman, estado de Colima.**

Se localiza en el municipio del mismo nombre en el Km. 35 de la carretera Colima-Manzanillo, en una Latitud de 18° 55' y una Longitud de 103° 53', la altitud es de 40 msnm.

**Clima.** El clima corresponde al de un trópico seco con una temperatura media anual de 26° C, la temperatura promedio máxima es de 36° C y la mínima promedio de 20° C. La humedad relativa es del 81% y la mínima de 50 %. La precipitación media anual es de 690 mm, el periodo de lluvias comprende de junio a octubre. Septiembre es el mes más lluvioso con 145 mm, seguido de agosto y julio (Villa *et al.*, 1996).

**Suelos.** El suelo del campo experimental corresponde a un franco en los primeros 30 cm. de profundidad y un migajón-arcilloso de los 30 a 50 cm. El pH tiene valores entre 7.8 y 8. El porcentaje de materia orgánica va de 2.6 a 1.2.

Este campo Experimental cuenta con dos unidades experimentales:

#### **1.5.2.1.1. Unidad experimental I**

Se estableció el 15 de Septiembre de 1992 con árboles de cedro rojo (*Cedrela odorata*), primavera (*Roseodendron donnell-smithii*), rosa morada (*Tabebuia rosea*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) (Figura 1.2). Esta Unidad Experimental se estableció con un diseño experimental de parcelas divididas, cuyos tratamientos principales fueron Riego y sin Riego (R1 y RO respectivamente), se aplicaron tres niveles de fertilización Fo = Sin fertilización, F1= Fertilización 15-15-15 y F2 = Fertilización 80-40-40. Cada uno de los tratamientos tuvo tres repeticiones. Por cada tratamiento se plantaron 16 árboles, lo que hace un total de 288 árboles por especie y un gran total de 1,152 árboles de las cuatro especies. La superficie plantada fue de 1.8 ha y el espaciamiento fue de 4 x 4 m.

#### **1.5.2.1.2. Unidad experimental II**

Se estableció el 1° de Septiembre de 1988, esta plantación tuvo el objetivo de conocer el crecimiento bajo competencia de la misma especie. Por lo que se establecieron plantaciones en 5 hileras con 35 árboles cada una, haciendo un total de 175 plantas por especie, para la caoba solamente se plantaron 146 árboles. El espaciamiento de los árboles fue de 4 x 4 m (Figura 1.3). Las especies de esta unidad experimental fueron: Cedro rojo (*Cedrela odorata*), Primavera (*Roseodendron donnell-smithii*), Rosa morada (*Tabebuia rosea*), Caoba (*Swietenia macrophylla*), y Parota (*Enterolobium cyclocarpum*).

### **1.5.2.2. Campo Experimental El Verdineño municipio Santiago Ixcuintla, Nayarit.**

Se localiza en el ejido "Sauta", en el Km. 7.5 de la carretera Sauta-Navarrete, municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit, en las coordenadas 21° 33' Latitud Norte y 105° 11' Longitud Oeste.

El clima del lugar es tropical subhúmedo (Aw2) con una precipitación anual de 1,200 mm. y una temperatura media anual de 24 °C, predominan los suelos franco-arcillosos, la altura es de 50 msnm. y el tipo de vegetación natural más común en la zona es Selva Mediana Subcaducifolia (Miranda y Hernández, 1963).

Este campo Experimental cuenta con dos unidades experimentales:

#### **1.5.2.2.1. Unidad experimental I**

Se estableció en Julio de 1992 con árboles de cedro rojo (*Cedrela odorata*), Primavera (*Roseodendron donnell-smithii*), Rosa morada (*Tabebuia rosea*) y Caoba (*Swietenia macrophylla*) (Figura 1.4).

Esta Unidad Experimental se estableció con un diseño experimental de parcelas divididas, cuyos tratamientos principales fueron Riego y sin Riego (R1 y RO respectivamente), se aplicaron tres niveles de fertilización Fo = Sin fertilización, F1= Fertilización 15-15-15 y F2 = Fertilización 80-40-40. Cada uno de los tratamientos tuvo tres repeticiones. Por cada tratamiento se plantaron 16 árboles, lo que hace un total de 288 árboles por especie y un gran total de 1,152 árboles de las cuatro especies. La superficie plantada fue de 1.8 ha y el espaciamiento fue de 4 x 4.

#### **1.5.2.2.2. Unidad experimental II**

Presenta Rosa morada (*Tabebuia rosea*), Caoba (*Swietenia macrophylla*) y Teca (*Tectona grandis*) (aunque esta última, no está establecida bajo un diseño experimental no obstante se tomaron los datos dasométricos de sus árboles, para su evaluación y análisis). También se estableció en Julio del año 1992.

Esta Unidad Experimental está conformada por cuatro parcelas; dos de Rosa Morada una con 24 árboles y otra con 36 sumando un total de 66 individuos de esta especie, la tercera parcela consta de 54 individuos de la especie Caoba y la cuarta parcela cuenta con 65 árboles de la especie denominada Teca (*Tectona grandis*) (Figura 1.5).

#### **1.5.2.3. Campo Experimental Santiago Ixcuintla, del estado de Nayarit**

Se localiza en la cabecera municipal de Santiago Ixcuintla en las coordenadas 21°42' de Latitud Norte, 105°07' de Longitud, con una altitud de 60 msnm, clima cálido, con una precipitación de 1200 mm. suelo franco arenoso y una temperatura media máxima de 24°C y una Temperatura media mínima de 12° C. Este campo Experimental cuenta con una unidad experimental.

#### **1.5.2.3.1. Unidad Experimental I**

En esta unidad se ensaya con Cedro rojo (*Cedrela odorata*), Rosa morada (*Tabebuia rosea*) y Caoba (*Swietenia macrophylla*). se estableció en Septiembre de 1992 (Figura 1.6).

Esta Unidad Experimental se estableció con un diseño experimental de parcelas divididas, cuyos tratamientos principales fueron Riego y sin Riego (R1 y RO respectivamente), se aplicaron tres niveles de fertilización Fo = Sin fertilización, F1= Fertilización 15-15-15 y F2 = Fertilización 80-40-40.

Cada uno de los tratamientos tuvo tres repeticiones. Por cada tratamiento se plantaron 16 árboles, lo que hace un total de 288 árboles por especie y un gran total de 864 árboles de las tres especies. La superficie plantada fue de 1.5 ha y el espaciamiento fue de 4 x 4

#### **1.5.2.4. Campo Experimental Costa de Jalisco, estado de Jalisco**

El "Campo Experimental Costa de Jalisco" se localiza entre en el limite de los municipios de La Huerta y Casimiro Castillo, en el Km. 204 de la carretera Guadalajara – Barra de Navidad en los 19° 31' 15" latitud norte y 104° 32' 00" Longitud Oeste, a una altitud de 298 msnm. El clima de la región clasificado por Koppen y modificado por García (1988), se presenta como un Aw1 con lluvias en verano y con precipitación media anual de 1,100 mm. La temperatura media máxima es de 34 °C y la media mínima de 12 °C, por lo que se considera un clima cálido subhúmedo. El tipo de suelo es Feozem haplico y el pH es ligeramente ácido con un valor de 6.7 (Benavidez, 2007).

El tipo de vegetación natural dominante es el bosque tropical subdeciduo según la clasificación de Rzedowski y McVaugh (1966), el cual se encuentra en un situación intermedia entre el bosque tropical perennifolio y el bosque tropical deciduo. Este tipo de bosque es importante porque incluye especies arbóreas consideradas como maderas preciosas. La heladas no son toleradas por este tipo de vegetación y la altura de los árboles va de 15 a 35 m, con una altura mas frecuente de 25 m.

Este Campo Experimental cuenta con dos Unidades Experimentales:

##### **1.5.2.4.1. Unidad experimental I**

Se estableció en el año de 1994 y se ensaya con Cedro rojo (*Cedrela odorata*), primavera (*Roseodendron donnell-smithii*), rosa morada (*Tabebuia rosea*), Caoba (*Swietenia macrophylla*), Teca (*Tectona grandis*) y Melina (*Gmelina arborea*) (Figura 1.7). Esta Unidad Experimental se estableció con una diseño experimental de parcelas divididas, cuyos tratamientos principales fueron Riego y sin Riego (R1 y RO respectivamente), con tres niveles de fertilización Fo = Sin fertilización, F1= Fertilización 15-15-15 y F2 = Fertilización 80-40-40, con tres repeticiones. En esta plantación originalmente se plantaron 288 árboles por especie haciendo un total de 1728 árboles plantados en una superficie de 1.8 ha aproximadamente cuyo espaciamiento es de 3x3 m entre árboles de las diferentes especies.

#### **1.5.2.4.2. Unidad experimental II**

Se estableció en el año de 1992 y se ensaya con Cedro rojo (*Cedrela odorata*), Parota (*Enterolobium cyclocarpum*), rosa morada (*Tabebuia rosea*) y Caoba (*Swietenia macrophylla*), el espaciamiento es de 4 x 4 m (Figura 1.8). Esta Unidad Experimental se estableció con un diseño experimental de parcelas divididas, cuyos tratamientos principales fueron Riego y sin Riego (R1 y R0 respectivamente), con tres niveles de fertilización Fo = Sin fertilización, F1= Fertilización 15-15-15 y F2 = Fertilización 80-40-40, con tres repeticiones.

En esta plantación originalmente se plantaron 288 árboles por especie haciendo un total de 1728 árboles plantados en una superficie de 1.8 ha aproximadamente cuyo espaciamiento es de 4 x 4 m entre árboles de las diferentes especies.

#### **1.5.3. Toma de datos de campo**

La toma de datos dasométricos se realizó en el año 2004 durante los meses de agosto, septiembre y octubre. Previo a la toma de datos en campo fue necesario limpiar de malezas las plantaciones para que de esa forma las lecturas se hicieran libres de obstáculos y sin sesgos. Posteriormente se marco el arbolado en el tallo principal a la altura de 1.30 m y 0.30 m que son los datos de altura de diámetro normal y de tocón respectivamente. Cuando el arbolado se encontró bifurcado por debajo de 1.30 m se determinó tomarlos como dos árboles separados identificándolos como A y B.

Los 16 árboles de cada parcela se numeraron y a través de una etiqueta se identificaron con los siguientes datos: número de árbol, nombre científico, nombre común, nivel de riego y la fertilización aplicada. Los diámetros se tomaron con cinta diamétrica y las alturas con clinómetro. Adicionalmente se tomaron otras variables como sobrevivencia, cobertura de copas, daños mecánicos, estado fitosanitario y vigor.

#### **1.5.4. Procesamiento y análisis de información de campo**

El proceso consistió en conformar una base de datos computarizada de cada una de las siete plantaciones, considerando la totalidad del arbolado de cada una de ellas. En el análisis de la información se utilizó el paquete de cómputo SAS (Statistical Analysis System), sobre todo para las unidades experimentales que se establecieron bajo diseño experimental, para el caso de las unidades experimentales que se establecieron sin un diseño experimental, se aplicó análisis de medias y frecuencias, cuyos valores y características sirvieron como referencia y comparación con las demás especies en estudio.

Solamente dos Unidades experimentales fueron evaluadas bajo análisis de promedios y frecuencias, unidad experimental II ubicada en el Campo Experimental de Tecoman Colima y Unidad Experimental II ubicada en el Campo Experimental "El Verdineño" municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit.

## 1.6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Con el fin de aprovechar al máximo los resultados obtenidos en estas plantaciones experimentales, se consideró conveniente realizar una comparación entre las especies de las diferentes Unidades Experimentales, aun cuando las plantaciones sean de edad diferente (16, 12 y 10 años), ya que este tipo de análisis permite ver las diferencias entre una y otra especie de la misma edad y dentro de la misma especie en edades diferentes.

Esta comparación se hizo con los valores medios de sobrevivencia, diámetro y altura, de las Unidades Experimentales en estudio, debido a que los tratamientos de riego y fertilización por cada especie en todas las plantaciones bajo diseño experimental, en forma general no tuvieron diferencias significativas.

Para el caso de las parcelas que se establecieron sin un diseño experimental se evaluaron con el fin de que los resultados sirvieran como parámetros comparativos dentro de las mismas especies en estudio, como se muestra en las Figuras (1.9), (1.10) y (1.11) sobrevivencia, diámetros y alturas respectivamente.

### 1.6.1. Inventario de árboles por especie y plantación

De acuerdo con el Cuadro No 1.1 se plantaron 7073 árboles de los cuales el 23.7 % (1675 árboles), fueron de la especie denominada Rosa morada (*Tabebuia rosea*), 23.2 % (1640 árboles) de Caoba (*Swietenia macrophylla*), 22.8 % (1615 árboles) de Cedro rojo (*Cedrela odorata*), 14.7 % (1039 árboles) de Primavera (*Roseodendron donnell smithii*), 6.5 % (463 árboles) de Parota (*Enterolobium cyclocarpum*), 4.9 % (353 árboles) de Teca (*Tectona grandis*) y 4.1 % (288 árboles) de Melina (*Gmelina arborea*).

Es importante señalar que del total de las siete especies forestales que se plantaron, tres de estas (*Tabebuia rosea*, *Swietenia macrophylla* y *Cedrela odorata*) se tienen plantadas prácticamente en todas Unidades de estudio, exceptuando la Unidad Experimental II del Campo "El Verdineño" en la cual no se tiene la especie de *Cedrela odorata*.

La especie *Roseodendron donnell smithii* (Primavera) solamente se tiene en cuatro de las plantaciones experimentales de las cuales dos corresponden al Campo Experimental "Tecomán", las Unidades experimentales I de los Campos Experimentales de "El Verdineño" y "Costa de Jalisco" respectivamente. La especie *Enterolobium cyclocarpum* solamente se presenta en las Unidades Experimentales II de los Campos Experimentales de "Tecomán" y "Costa de Jalisco" respectivamente.

La *Tectona grandis* solamente se presenta en dos Unidades Experimentales la II del Campo Experimental de "El Verdineño" y la I del Campo Experimental "Costa de Jalisco". Por último la especie *Gmelina arborea* solo se tiene en la Unidad Experimental I del Campo Experimental "Costa de Jalisco".



El total de los árboles desaparecidos fue de 2368 los que significan el 34 % del total plantados, de este porcentaje de mortalidad el 9.8 % le correspondió a la especie del *Cedrela odorata* con un índice de mortandad más severo en las Unidades Experimentales de los Campos Experimentales de "Costa de Jalisco" en Jalisco y "El Verdineño" en Nayarit. De acuerdo con Espinoza y Talavera (1998) y Villa *et al.*, (1996) en ambas plantaciones se tienen registros de alto índice de ataque del gusano barrenador (*Hypsiphylia grandella* Z), así como problemas muy serios con inundaciones temporales pero abundantes, por lo que se considera que estas fueron las razones de la alta mortandad de la especie en estas unidades Experimentales.

Al respecto Nieto (2008), señala que la susceptibilidad de la especie al ataque del barrenador de yema (*Hypsiphylia grandella*) es la causa principal para que en países como Colombia no existan plantaciones de gran tamaño con esta especie, tal como sucede en el caso del cedro y caoba. México no es la excepción, ya que también presenta problemas al respecto en plantaciones experimentales como es el presente caso y desde luego en plantaciones comerciales.

El 7.2 % le correspondió a la especie de *Tabebuia rosea*, presentándose una mayor mortalidad en la Unidad Experimental I del Campo Experimental "Tecoman" del estado de Colima, de acuerdo con Villa *et al.*, (1996) las razones según antecedentes de la misma, esta especie es muy exigente de humedad para prosperar, por lo que requiere de cierto número de riegos si el sitio es de clima seco, sobre todo en la periodo de estiaje. Por otro lado, en los dos primeros años de establecida la plantación se realizaron riegos de auxilio con el fin de que se establecieran las plantas de este especie, sin embargo no se le dio seguimiento y mantenimiento continuo en etapas posteriores de la plantación, lo cual se considera que son aspectos importantes que limitaron seriamente la buena adaptación de la especie.

Además Villa *et al.*, (1996) mencionaron que se tienen registros de ataques de hormiga arriera (*Atta sp* y *Formica sp*) en los 2 a 3 primeros años de vida de la plantación, incluso en la reciente evaluación se observaron nidos y gran cantidad de hormiga. Lo anterior se considera que fueron las causas del índice de mortandad reportado para este especie.

El 7.0 % de mortalidad fue para la especie de *Roseodendron donnell smithii* acentuándose mayormente en las Unidades Experimentales I de los Campos Experimentales "El Verdineño" en Nayarit y "Costa de Jalisco" en Jalisco respectivamente.

En el Primer caso de acuerdo con Espinoza (1994), se señala que el terreno donde se ubica la plantación es muy bajo, por lo tanto en la época de lluvias el agua se estanca por períodos prolongados y esto provocó la muerte de los árboles, ya que la especie es muy susceptible a tales efectos.

En el segundo caso al igual que en el primero ("Costa de Jalisco"), el terreno es muy susceptible a encharcamientos en la época de lluvias, y la zona es susceptible de lluvias torrenciales, incluso a ciclones y la especie en las primeras etapas de su establecimiento, es muy frágil a los vientos fuertes y esto suele provocar acame de plantas y por lo tanto la muerte de las mismas.

El 2.8 % de mortalidad lo presentó la especie *Enterolubium cyclocarpum*, la cantidad de árboles desaparecidos se presentó de manera similar en las Unidades Experimentales II de los Campos Experimentales de "Tecomán" en Colima y "Costa de Jalisco" en Jalisco, sin embargo la proporción de individuos muertos resulto ser mayor en la plantación del Campo Experimental de Tecomán, es decir el más de la mitad de los árboles plantados en este campo no se adaptaron bajo las condiciones de dicho sitio.

En cambio en La plantación de la Costa de Jalisco la proporción de árboles muertos fue menor lo que significa que en esta plantación se tuvo una sobrevivencia de la especie del 65 %. Por lo tanto *Enterolubium cyclocarpum* se adaptó mejor en la costa de Jalisco.

Esta especie esta considerada como de rápido crecimiento en condiciones de alta luminosidad y aunque tolera cierto nivel de sombra, es de suponerse que en ambas plantaciones donde se tiene plantada de manera experimental y con un deficiente manejo, sobre todo de podas y aclareos, la especie presenta crecimiento algo limitado debido a la competencia por luz y de nutrientes.

El 2.0 % de mortalidad general le correspondió a *Tectona grandis* la cual solo se estableció en dos Campos Experimentales, la Unidad Experimental II de "El Verdineño" en Nayarit y la Unidad Experimental I de "La Huerta" en Jalisco. En el primer caso solamente se plantaron 65 árboles y sobrevivieron 28 árboles, es decir se tuvo una supervivencia del 43 %.

Para el segundo caso (Huerta, Jalisco), se plantaron 288 árboles de esta especie y se murieron 106 árboles, lo que significa que se tuvo una supervivencia del 63 %, con lo anterior queda de manifiesto que la especie se adaptó mejor en la Huerta, Jalisco, aunque es importante mencionar que esta especie, al igual que la Primavera, es muy susceptible a las lluvias con fuertes vientos tanto en etapas de crecimiento tempranas, como en etapas de crecimiento mas avanzas, incluso aun tratándose de árboles adultos, por lo tanto a fin de corroborar el nivel de adaptación de ambos sitios, se recomienda seguir evaluando trabajos similares y obtener información con mayor precisión al respecto.

Por ultimo el 0.8 % de mortalidad general fue para *Gmelina arborea* la cual solo se tiene establecida en la Unidad Experimental del Campo Experimental "Costa de Jalisco" del estado de Jalisco. del total de árboles plantados (288) solamente se murieron 52, es decir se presentó una supervivencia del 82 % la cual es muy aceptable. Lo anterior hace suponer que se trata de una especie que se ha venido adaptando bien en esta zona.

En cuanto a las existencias actuales o árboles vivos se tienen un total de 4704 lo que significa el 66 % de sobrevivencia de manera general. De este porcentaje el 19.4 % (1369 árboles) fue para la especie de *Swietenia macrophylla*, 16.5 % (1165 árboles) para *Tabebuia rosea*, 13.0 % (924 árboles) de *Cedrela odorata*, 7.6 % (539 árboles) de *Roseodendron donnell smithii*, 3.7 % (261 árboles) de *Enterolobium cyclocarpum*, 3.4 % (236 árboles) de *Gmelina arborea* y 2.9 % (210 árboles) de *Tectona grandis*. La distribución de cada una de las especies se presenta como se muestra en el Cuadro 1.1.

### 1.6.2. Sobrevivencia por especie y plantación

Los tratamientos de riego y fertilización no tuvieron influencia en la sobrevivencia para todas las especies, y de acuerdo con la Figura 1.9 de resultados, de manera general la especie que se presenta en todas las plantaciones y cuya sobrevivencia es muy uniforme (de 80 a 83 %) es la *Swietenia macrophylla*.

Tal parece que, en cuanto a éste parámetro la especie responde de la misma manera en diferentes zonas o sitios que presenten ciertas diferencias ambientales, ya que Muños *et al.*, (1995) evaluaron una plantación de *Swietenia macrophylla* con 1.6 años de establecida en el estado de Michoacán y la sobrevivencia fue del 74 %.

Mas y Borja (1974), en una plantación de *Swietenia macrophylla* con 7 años de establecida y Gaytan y Gómez (1985), en una plantación de esta misma especie con 10 años de establecida ambas en Escárcega Campeche obtuvieron 80 y 85.9 % de sobrevivencia respectivamente.

De acuerdo a los valores obtenidos como resultado y la información que se generó de la bibliografía consultada al respecto, se considera que le especie *Swietenia macrophylla*, no obstante que es una especie muy susceptible al ataque del barrenador de las yemas terminales y ramas, los valores en cuanto a la sobrevivencia se consideran aceptables, sin embargo el crecimiento y desarrollo en diámetro y altura e incluso en la conformación del fuste resultaron seriamente afectados, esto en el mejor de los casos, no así en algunas plantaciones que resultaron con grandes cantidades de árboles que murieron por el efecto de los daños causados por esta plaga.

La especie de *Tabebuia rosea* también se plantó en las siete Unidades Experimentales y muestra una sobrevivencia que varía de 30 a 82 %, aunque cabe destacar que en las cuatro Unidades Experimentales de los Campos Experimentales "El Verdineño" y "Costa de Jalisco" la sobrevivencia de esta especie fue muy uniforme (80 a 82 %).

En las Unidades Experimentales II y I de los Campos Experimentales "Tecoman" y "Santiago Ixcuintla" la sobrevivencia de esta especie fue del 70 %, y la menor sobrevivencia resultó en la Unidad Experimental I del Campo Experimental "Tecoman" con un 30 % (Figura 1.8).

Esto último se atribuye a que desde las primeras etapas de establecida la plantación la especie se vio fuertemente afectada por sequías prolongadas, ataque de hormiga arriera (*Atta* sp) y falta de manejo adecuado, además por presentarse problemas de una humedad suficiente en las etapas iniciales de la plantación.

Aquí es importante mencionar que dentro de esta última plantación, existen ejemplares de la especie con buenos crecimientos en diámetros y alturas, lo que indica que la especie, si se puede adaptar, siempre y cuando se le de un manejo adecuado y continuo a las plantaciones en áreas con características similares a este sitio.

En la Figura 1.9, se muestra a la *Cedrela odorata* que es otra de las especies de importancia por su existencia en seis de las Unidades Experimentales, la cual resultó con una sobrevivencia no muy uniforme, ya que fue muy variable de 22 % a 98 %.

Esto indica que esta especie tiene ciertas limitantes para su adaptación en algunas de las Unidades Experimentales, como es el caso del Campo Experimental de La Costa de Jalisco debido a que en ambas Unidades Experimentales (I y II) no alcanzaron el 40 % de sobrevivencia.

De acuerdo con Espinoza y Talavera (1998), estas Unidades Experimentales están ubicadas en un sitio que en época de lluvia, el agua tiende a encharcarse, por lo tanto la especie se ha visto afectada en su adaptación y desarrollo debido a que se trata de una especie que requiere de suelos con buena humedad, pero con un drenaje eficiente.

La misma especie pero en los Campos Experimentales de "El Verdineño" y "Santiago Ixcuintla" presentan una sobrevivencia del 60 % respectivamente, aunque dicha sobrevivencia es regular, para el caso de "El Verdineño" la especie se vio seriamente afectada por la presencia del gusano barrenador del tallo (*Hypsiphylia grandella*), y su crecimiento no fue muy bueno, debido a que los diámetros y alturas, aunque muy uniformes son muy raquíuticos, como se describe más adelante. Para el caso de Santiago Ixcuintla la adaptación de la especie es considerada regular, el crecimiento en diámetro y alturas es más sobresaliente si se compara con los resultados de Campo "El Verdineño".

Los mejores resultados en cuanto a la sobrevivencia de la especie *Cedrela odorata* se presentaron en las dos plantaciones del Campo Experimental "Tecomán" en el estado de Colima con valores que van de 80 y 98 %, que de acuerdo con Villa *et al.*, (1996) se presentaron problemas de ataque del gusano barrenador de los tallos (*Hypsiphylia grandella*), sin embargo a las plantas afectadas se le aplicó un insecticida "Decis 2.5" pero no se obtuvieron buenos resultados, por lo que se usó el insecticida sistémico "Furadan 5 % G" aplicado en una dosis de 30 g por planta y los resultados fueron más alentadores, no obstante se afectó de alguna manera el crecimiento y desarrollo de los ejemplares de esta especie.

Los efectos que actualmente presentan los árboles que fueron mayormente afectados por la mencionada plaga en épocas tempranas, son bifurcaciones y fustes mal conformados, con exceso de ramas, lo cual al final del turno de aprovechamiento, se reflejara en producción de madera de mediana o mala calidad.

Por otra parte, la especie que mayor y menor adaptación mostró fue *Roseodendron donnell smithii*, esta se estableció en cuatro Unidades Experimentales, la I de Los Campos Experimentales "El Verdineño", y "La Costa de Jalisco" respectivamente, en estas dos unidades la adaptación de la especie no fue muy alentadora ya que resultaron valores de 10 y 30 % de sobrevivencia.

Sin embargo en la Unidades Experimentales I y II establecidas en "Tecomán", Colima los resultados fueron de 100 y 80 % respectivamente. Al respecto es importante mencionar que la especie es muy susceptible a los excesos de humedad, sobre todo a los fuertes vientos que se presentan en ciertas épocas del año en ambas localidades, por lo que si se pretende establecer esta especie, en sitios con estas características es importante tener en cuenta estos aspectos y sobre todo planear un buen manejo y evitar los excesos de humedad y fuertes vientos.

De manera general *Roseodendron donnell Smithii* fue la que mejor adaptación presentó ya que resultó con valores de sobrevivencia del 80 al 100 % en las unidades de II y I de Campo Experimental "Tecomán" del municipio del mismo nombre, del estado de Colima.

Muñoz *et al.*, (1995) en plantaciones de un año con esta misma especie obtuvo sobrevivencia de 95 %, sin embargo al año y seis meses evaluó la misma plantación y encontró que la sobrevivencia disminuyó hasta un 67 %, por lo que se considera que la especie no es muy fácil de establecerse, si no se tienen las condiciones ambientales adecuadas en el sitio donde se establezcan plantaciones con esta especie.

En cuanto a la especie *Enterolobium cyclocarpum* solamente se presenta en las Unidades Experimentales II de los Campos Experimentales "Tecomán" en el estado de Colima y "Costa de Jalisco" en el municipio de La Huerta, Jalisco respectivamente, la adaptación de esta especie es muy baja para el primer caso (42 %), y regular (63 %) para el segundo caso (Figura 1.9). Lo anterior hace suponer que la especie aunque es tolerante a ciertos niveles de exceso de humedad, si la humedad es muy prolongada la especie se ve afectada de manera importante.

Por otra parte, esta especie requiere de un buen manejo en las etapas iniciales de la plantación, sobre todo en relación a la fito sanidad, ya que si es atacada por insectos tales como la Hormiga arriera (*Atta sp*), los árboles pueden ser afectados de manera importante y en casos extremos los árboles tienden a morir.

Gómez (1989), en Escárcega, Campeche trabajando con esta misma especie, en una plantación de 7 años de edad obtuvo 29 % de sobrevivencia, por lo tanto los resultados de este trabajo resultaron ser mas alentadores que los obtenidos en otras partes del País. Sin embargo, es recomendable continuar experimentando con nuevos trabajos de investigación, con el propósito de mejorar y alcanzar niveles mayores de sobrevivencia de esta especie.

En relación a las especies exóticas *Tectona grandis* y *Gmelina arborea* son especies consideradas de rápido crecimiento, y muy promisorias para el trópico mexicano, sin embargo su adaptación a ciertos niveles de excesos de humedad suelen ser una limitante para su adaptación, tal es el caso de dos Unidades Experimentales II del Campo Experimental "El Verdineño" y I del Campo "Costa de Jalisco"; donde se plantó *Tectona grandis* cuya sobrevivencia resultó ser de 42 y 63 % respectivamente, estos valores muestran que esta especie si no es establecida en el sitios o áreas con suelos profundos y con buen drenaje la especie es muy difícil de prosperar satisfactoriamente.

Gómez (1989), con *Tectona grandis* en una plantación de 7 años de edad obtuvo sobrevivencia del 29 % en Escárcega, Campeche, Días *et al.*, (1993) citados por Patiño (1995), también con la misma especie y en Escárcega, Campeche, obtuvieron sobrevivencia del 77 % y la empresa Santa Genoveva en el año 2004 en una plantación de Teca de un año con 10 meses logró obtener 95 % de sobrevivencia, sin embargo será muy importante conocer los resultados mas recientes y ver que tan consistentes son estos últimos valores. De acuerdo con los resultados anteriores respecto a esta especie, independientemente de los aspectos ambientales, indudablemente el manejo que se le de a las plantaciones, se podrán lograr mejores niveles de sobrevivencia.

En cuanto a la especie de *Gmelina arborea* que solamente se estableció en la Unidad I del Campo Experimental "Costa de Jalisco", muestra una mejor adaptación a las características de este sitio, ya que presentó un valor de 82 % de sobrevivencia, además con buen desarrollo y crecimiento en diámetros y alturas con se puede apreciar más adelante.

Escarpita (1978), en Tuxtepec, Oaxaca en una plantación de 4.8 años de edad logró sobrevivencia del 95 %, Cedeño (1978), en Escárcega, Campeche en una plantación de 6 años obtuvo sobrevivencia del 81 %, Juárez y Ramírez (1985), también en Escárcega, Campeche, en una plantación de 7.11 años de edad lograron el 84 % de sobrevivencia y Barrio (1980) citado por Forte (2005), en una plantación de 5 años de edad lograron el 100 % de sobrevivencia.

Lo anterior muestra que la especie es muy fácil de adaptar en diferentes características ambientales, ya que los resultados de adaptación de la especie son muy similares en todos los sitios en donde ha sido establecida esta especie forestal maderable. Por lo que es considerada una especie altamente promisorio para establecimiento de plantaciones forestales con fines comerciales y de reforestación.

### 1.6.3. Diámetro medio por especie y plantación

Como se observa en la Figura 1.10 el diámetro que sobresale es de la especie *Enterolobium cyclocarpum* con 45 cm. y un incremento medio anual (IMA) de 3.75 cm en la Unidad Experimental II del Campo Experimental Costa de Jalisco, sin embargo aunque también la Unidad Experimental II del Campo Experimental "Tecomán" presenta esta especie, el diámetro es menor o sea 28 cm. en promedio cuyo incremento medio anual (IMA) fue de 1.75 cm, no obstante que los árboles de esta última Unidad Experimental fueron establecidos 4 años antes que la primera. Esto indica de manera importante que la especie se adaptó mejor en el Campo Experimental "Costa de Jalisco".

Bertoni *et al.*, (1980) Evaluó el comportamiento de 9 especies forestales (2 exóticas y 7 nativas) las cuales fueron plantadas en 1971 bajo diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones en el Campo Experimental Forestal El Tormento ubicado en Escárcega, municipio del Carmen, Campeche. Las variables evaluadas fueron; sobrevivencia, diámetro y altura.

Dentro de estas nueve especies evaluó la especie de *Enterolobium cyclocarpum* resultando en promedio 12 cm de diámetro, es decir un incremento medio anual (IMA) de 1.33 cm. Gómez (1989), en su trabajo sobre ocho especies forestales de rápido crecimiento, cuatro exóticas y cuatro nativas en el Campo Experimental de Escárcega, Campeche, entre ellas *Enterolobium cyclocarpum* que resultó con diámetro promedio de 2.50 cm lo que significó un incremento medio anual (IMA) de 0.36 cm.

Comparando los valores en incrementos medios anuales (IMA) en los diámetros obtenidos en las diferentes plantaciones, de manera muy significativa sobresale la plantación establecida en la Unidad Experimental II Ubicada en el Sitio Experimental Costa de Jalisco (3.75 cm) y aunque la plantación establecida en la Unidad Experimental II del Campo Experimental Tecoman, Colima resultó con un incremento medio anual (IMA) menor a éste (1.75 cm), resultó ser mayor a los reportados en otras partes de México, esto es de gran importancia debido a que, se tienen las bases informativas que especies como esta, son recomendables para plantaciones forestales comerciales en estas zonas.

La especie que le sigue en importancia en cuanto al diámetro promedio, es la *Gmelina arborea* con 30 cm. de diámetro, con un incremento medio anual (IMAD) de 3.0 cm, aunque con esta especie no se tubo manera de hacer un análisis comparativo, entre las plantaciones en estudio debido a que solamente se tiene establecida en una Unidad Experimental, la sobrevivencia fue buena y su crecimiento, desarrollo en diámetro y altura de lo mejor, esto la hace ser una de las especies exóticas más promisorias para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales en la parte tropical del Occidente Mexicano.

Lamb (1968), reportó que una plantación de 10 años de establecida en Malawi logró un diámetro promedio de 23 cm, con un incremento medio anual (IMAD) de 2.3 cm. Mientras que Escarpita (1978), publicó que una plantación en Tuxtepec Oaxaca, alcanzó un diámetro promedio de 17.1 cm con un incremento medio anual (IMAD) de 3.5 cm. Por su parte Cedeño (1978), mencionó que en el Campo Experimenta de Escárcega, Campeche. A los 6 años *Gmelina arborea* alcanzo un diámetro promedio de 19.1 cm con un incremento medio anual (IMAD) de 3.1 cm. Bertoni *et al.*, (1980) determinó en una plantación de 9 años edad establecida en Escárcega, Campeche, que *Gmelina arborea* logró desarrollar un diámetro promedio de 19 cm con incremento medio anual (IMAD) de 2.1 cm.

De la Cruz (1984) citado por Sánchez (1989), observó el comportamiento de la especie en plantaciones establecidas en Huimanguillo, Tabasco a los 2.5 años de edad obteniendo diámetro promedio de 10.1 cm con un incremento medio anual (IMAD) de 4.0 cm. De la Cruz y Barrosa (1993), en su trabajo de ensayos de especies de rápido crecimiento con melina en Huimanguillo, Tabasco, a los 8 años de edad reportaron diámetro promedio de 32 cm e incremento medio anual (IMAD) de 4 cm. Por su parte Agrosot Ltda (2000), informó que *Gmelina arborea* ha constituido en una de las principales especies utilizadas en los programas de plantación de muchos países.

Estudios realizados en la Sierra Leona, en África reportan diámetros promedio de la manera siguiente; a la edad de 3 años 11.3 cm con incremento medio anual (IMAD) de 3.8, a los 6 años 22.7 cm con incremento medio anual (IMAD) de 3.8, a 7 años con 32 cm con incremento medio anual (IMAD) de 4.6, y a los 10 años con 32 cm cuyo incremento medio anual (IMAD) fue de 3.2 cm.

En la Habana, Cuba en plantaciones de *Emelina arbórea* con espaciamiento de 3.0 x 3.0 m, a la edad de 4.5 años se han logrado diámetros de 23.9 cm con incremento medio anual (IMAD) de 5.3, y a los 11.5 años 44.6 cm e incremento medio anual (IMAD) de 3.9 cm. De acuerdo con los resultados obtenidos en el estado de Jalisco y en contraste con resultados en otras partes del México, los diámetros promedios solamente fueron superados por las plantaciones establecidas en Huimanguillo, Tabasco, en donde se lograron incrementos de 4.0 cm.

Por otra parte, reportes de plantaciones establecidas en otras latitudes como es en la Sierra Leona, En África, también se lograron resultados que superan los incrementos obtenidos en Jalisco, pero sin superar los valores que se obtuvieron en el estado Tabasco.

Por ultimo el incremento que resultó mayor en todas las plantaciones establecidas con esta especie, fue en la Habana, Cuba con incrementos medios anuales de 5.3 cm. para una plantación 4.5 años de edad, sin embargo en la plantación de 11.5 años en este mismo país los resultados no fueron consistentes ya que se reportó un incremento medio anual de 3.9, el cual es muy similar al obtenido en Jalisco (3.0 cm).



En base a esta información, se considera que la especie de *Gmelina arborea*, es promisoría para plantaciones comerciales y de reforestación que se establezcan en México, sobre todo en el estado de Jalisco, en el área de influencia del Sitio Experimental Costa de Jalisco y otros sitios que presenten características ambientales similares en esta entidad.

*Tabebuia rosea* aunque se presenta en las siete plantaciones experimentales en estudio solamente sobresale en Las Unidades Experimentales II y I de los Campos Experimentales Costa de Jalisco y El Verdineño respectivamente con 28 cm con incremento medio anual (IMAD) de 2.33 cm. y 22 cm e incremento medio anual (IMAD) de 1.83 cm. de diámetro (Figura 1.9).

En el resto de las plantaciones se tienen diámetros muy homogéneos que varían de 13 a 20 cm., aunque es importante señalar que la especie se estableció cuatro años antes en la Unidad Experimental II del Campo Experimental "Tecomán" no obstante en esta Unidad es donde la especie muestra los diámetros más pequeños (12 cm. aproximadamente con un IMA de 0.75 cm).

Esto podría ser un indicador que señale la difícil adaptación y desarrollo de la especie en características similares a las de este sitio, o bien por la falta de un manejo o aplicación deficiente del mismo, por lo que sería importante tener muy en cuenta esta información en la toma de decisiones al realizar plantaciones con fines comerciales en sitios similares a esta Unidad Experimental.

Salazar (1977), explica que en Costa Rica y otros países *Tabebuia rosea* no ha sido usado muy comúnmente en plantaciones puras debido a la tendencia del fuste a bifurcar en los primeros años, además el crecimiento es variado de rápido a lento, dependiendo del sitio. En sitios buenos el árbol puede alcanzar alturas de 9 m en 3 años.

En parcelas de 3 a 5 años de edad en un rango de sitios en América Central (bosque seco, bosque seco pre montano y bosque lluvioso), el promedio de crecimiento varió entre: 0.8 y 2.6 cm por año en diámetro a la altura del pecho (DAP), 0.7-2.2 m por año en altura, y 0.5-4.0 m<sup>2</sup>/ha por año en área basal. En Puerto Rico, en un sistema silvopastoril de cultivos en callejones, después de 14 años de crecimiento los árboles tenían 14 m en altura, con 13 cm dap, y en linderos un aumento anual promedio de 2 cm.

El mismo autor (Salazar, 1977), describe que en Colombia con ensayos de regeneración natural se espera una producción de 210 metros cúbicos de madera por hectárea en 25 años, con árboles de 46 cm dap. En Talamanca, Costa Rica en la zona de bosque húmedo se ubica una plantación, con una densidad de 1111 árboles/ha, en la cual se logró un 89% de supervivencia a los siete años de edad alcanzó un incremento medio anual en diámetro (IMAD) en de 1.8 cm.

En Guatemala, en el bosque seco los incrementos medios anuales en diámetro (IMAD) fueron de 0.9 cm sin asociación y 1.0 cm en asociación con maíz. Mientras que en el bosque húmedo el incremento medio anual (IMAD) en diámetro y altura fue de 0.5 cm a los cinco años de edad, en un suelo franco con un pH de 6.3.

En un ensayo de especies en Peñas Blancas, Honduras, en la condición de bosque seco con un pH de 6.5 y suelo franco, con 1600 árboles/ha y una supervivencia del 88%, se reportó un incremento medio anual en diámetro (IMAD) de 0.9 cm y en altura de 0.6 m, con una productividad en volumen de 3.2 m<sup>3</sup>/ha/año. Mientras que los crecimientos de la *Tabebuia rosea* en el bosque seco de Nicaragua, plantada a 3x1.5 m, arrojaron incrementos medios anuales (IMA) en diámetro de 2.4 cm y 2.1 m en altura, con un incremento medio anual (IMA) en volumen de 16.4 m<sup>3</sup>/ha/año. Por su parte Cruz (2005), reportó Diámetro promedio a la altura del pecho (DAP) de 12.1 cm con incremento medio anual en diámetro (IMAD) de 2.01 cm en la Huasteca Potosina.

De acuerdo a lo anterior y en contraste con los resultados obtenidos en cuanto al crecimiento en diámetro de *Tabebuia rosea* en las plantaciones establecidas en los estados de Jalisco, Nayarit, Colima y en otros países de Centro America, aunque son variables dependiendo del sitio, se considera que es una característica normal de la especie, aunque tales resultados podrían mejorarse, aplicando practicas silvi culturales eficientes y desde luego realizando mejoramiento genético de la especie.

Otra de las especies exóticas que muestran buenos crecimientos en diámetro y alturas es la *Tectona grandis* esta especie se estableció solamente en dos unidades experimentales; la Unidad II del Sitio denominado Costa de Jalisco, ubicado en el Municipio de La Huerta, Jalisco. La otra unidad se refiere a Unidad experimental II del Sitio Experimental denominado El Verdineño, en el estado de Nayarit.

En el primer caso se logró un diámetro promedio de 20 cm con un incremento medio anual (IMAD) de 1.66 cm y 22 cm. de diámetro e incremento medio anual (IMAD) de 1.83 cm en el segundo caso, respectivamente, como se muestra en el la Figura 1.10. Cedeño (1978), describe algunos resultados de una plantación de cuatro especies en Escárcega, Campeche.

Los resultados con diferentes edades presentaron un incremento promedio por especie de: *Tectona grandis* con edad de 3 años un IMAA 1.66 m y IMAD 1.4 cm. Gómez (1989), en su trabajo sobre ocho especies forestales de rápido crecimiento, cuatro exóticas y cuatro nativas en el Campo Experimental de Escárcega, Campeche reportó que *Tectona grandis* a los 7 años logró un crecimiento en diámetro de 3.90 cm con un incremento medio anual (IMAD) de 0.56 cm. En tanto que Chávez y Fonseca (1991), describen los resultados del establecimiento de *Tectona grandis* en diversos países.

En Argentina a la edad de 16 a 17 años, con un espaciamiento de 2.0 x 3.0 m, alcanzó un diámetro a la altura del pecho (DAP) de 14 a 15 cm y un incremento medio anual (IMAD) de 0.88 cm. En Brasil a la edad de 9 años con un espaciamiento de 1.0 x 1.0 m, logró un diámetro a la altura del pecho (DAP) de 9.0 cm e incremento medio anual (IMAD) de 1.0 cm. En Colombia a la edad de 5 a 6 años se reportó un diámetro medio de 14.5 a 15.4 cm y un incremento medio anual (IMAD) de 2.9 cm a 2.56 cm. Los mismos autores concluyen que esta especie presentó los mejores resultado en diámetro en Colombia.

De la Cruz y Barrosa (1993), en su trabajo ensayo de especies de rápido crecimiento con *Tectona grandis* en Huimanguillo, Tabasco, describieron que a los 8 años de edad se tuvo un diámetro promedio de 21 cm con un incremento medio anual (IMAD) de 2.63 cm. Por su parte Díaz *et al.*, (1993) citado por Patiño (1995), muestran los resultados de un ensayo de *Tectona grandis* en cuatro espaciamientos: 2 x 2, 2.5 x 2.5, 3 x 3 y 3.5 x 3.5 m, en el Campo Experimental de Escárcega, Campeche. A los 7 años indicaron que no se encontraron diferencias significativas al comparar el crecimiento en altura, diámetro y supervivencia entre los espaciamientos.

Sin embargo, los mayores crecimiento en altura, diámetro y supervivencia se obtuvieron en los espaciamientos de 3 x 3 m y 3.5 x 3.5 m, con valores de 6.72 m, 8.84 cm y 87 % y 5.67 m, 7.59 cm y 77% respectivamente. Se recomienda el espaciamiento de 3 x 3 m en el establecimiento futuro de esta especie, que corresponde a una densidad de plantación de 1111 árboles/ha.

Chávez y Fonseca (1995), evaluaron una plantación de *Tectona grandis* establecidas en la Península de Nicolás, Costa Rica. Los resultados a los 4 y 5 años de edad en diámetro correspondieron a 10.7 cm con incremento medio anual (IMAD) de 2.7 cm y de 11.50 cm e incremento medio anual (IMAD) de 2.3 cm, respectivamente.

Por otra lado Pérez y Kanninen (2002), muestran los resultados de una plantación de *Tectona grandis* en Costa Rica; la cual a los 4 años de edad que alcanzó diámetro promedio de 13.5 cm y un incremento medio anual (IMAD) de 3.4 cm y a los 5 años 16.0 cm de diámetro y un incremento medio anual (IMAD) de 3.2 cm.

Agropecuaria Santa Genoveva (2004), reportó resultados de una plantación de *Tectona grandis* de 1 año y diez meses de edad que mostró un crecimiento en diámetro de 4.73 cm y un incremento medio anual (IMAD) de 2.95 cm. Por su parte Reforesta Mexicana (2004), realizó una evaluación de dos especies exóticas de rápido crecimiento establecida en el municipio de las Choapas, Veracruz con diferentes edades.

Los resultados demostraron un crecimiento en diámetro promedio con *Tectona grandis* de 2.73 cm con un incremento medio anual (IMAD) de 2.1 cm. a un año tres meses. A los dos años con dos meses se obtuvo diámetro promedio de y 3.96 cm y un incremento medio anual (IMAD) de 1.8 cm, a los 3 años con diámetros de 9 cm con incremento medio anual (IMAD) de 3.0 cm.

Aunque los resultados en Jalisco y Nayarit como se muestra en la Figura 1.10 son considerados buenos, comparándolos con lo reportado en otras partes del país y fuera de este, se considera que son de regulares a buenos debido a que, no obstante que los mejores incrementos medios anuales reportados, están muy relacionados con plantaciones de pocos años de haber sido establecidas, es decir a menor edad de la plantación presenta una mayor incremento anual y a mayores edades por ejemplo 15 a 16 años de establecidas, la especie muestra incrementos medios anuales menores, lo anterior sugiere que la especie a edades tempranas presenta crecimiento rápido en diámetro y este va disminuyendo conforme la edad se va incrementando.

Lo cual coincide con el crecimiento normal de la gran mayoría de las especies forestales, que presentan un crecimiento sigmoideal, es decir el árbol al inicio de su crecimiento es lento, luego es más rápido y posteriormente el crecimiento disminuye. En cuanto a las especies de Cedro rojo (*Cedrela odorata*) como se muestra en la Figura 1.10, esta especie fue establecida en seis de las siete plantaciones evaluadas en este trabajo, solamente en la Unidad Experimental II del Sitio Experimental El Verdineño no se plantó.

Los mejores crecimientos en diámetro medio de *Cedrela odorata* se presentaron en las dos Unidades Experimentales del Campo Experimental Tecoman, Colima y la Unidad Experimental del Sitio denominado Costa de Jalisco, con 18 cm respectivamente.

El incremento medio anual (IMAD) para dichas plantaciones es de 1.5 cm, sin embargo para la Unidad Experimental II de Tecoman es tan solo de 1.1 cm, esto debido a que esta última plantación fue establecida cuatro años antes que las otras dos plantaciones.

Siguiendo el orden de importancia en cuanto a esta variable los diámetros de 16 y 15 cm con incrementos medios anuales (IMAD) de 1.33 y 1.2 cm fueron para las Unidades Experimentales I del Sitio Costa de Jalisco y Unidad Experimental I del Campo Santiago Ixcuintla, Nayarit Respectivamente. Y por último el diámetro promedio menor de 12 cm con incremento medio anual (IMAD) de 1.0 cm, resultó ser para los árboles de la Unidad Experimental I del Sitio Experimental El Verdineño, ubicado en el estado de Nayarit (Figura 1.10).

Espinoza y Talavera (1998), reportaron que esta especie fue afectada de manera importante desde los inicios de la plantación por el barrenador *Hypsiphylia grandella*, como ya se señaló en el apartado de la sobrevivencia.

Las Unidades Experimentales con menor daño fueron la I y II del Campo Experimental de Tecoman. Aunque los Cedros de estas últimas dos plantaciones, también fueron afectados por *Hypsiphylia grandella* los daños fueron menos severos que las demás plantaciones debido a el manejo que se les dio en etapas iniciales de su desarrollo.

Bertoni *et al.*, (1980) evaluó el comportamiento de 9 especies forestales (2 exóticas y 7 nativas) las cuales fueron plantadas en 1971 en el Campo Experimental Forestal El Tormento ubicado en Escárcega, municipio del Carmen, Campeche. Las variables evaluadas fueron; sobrevivencia, diámetro y altura. Las especies que presentaron menores incrementos fueron cedro rojo (*Cedrela odorata*) cuyo diámetro fue de 4 cm lo que significó un incremento medio anual (IMAD) de 0.44 cm.

Por otra parte, Agropecuaria Santa Genoveva (2004), reporta resultados de una plantación de dos especies, entre *Cedrela odorata* bajo sistema de riego por goteo y fertirrigación en el municipio de Campeche, Campeche con edad de 1 año y seis meses *Cedrela odorata* mostró un diámetro a la altura del pecho (DAP) de 3.13 cm, es decir un incremento medio anual (IMAD) de 1.9 cm.

En tanto que Cruz (2005), señaló que en plantaciones forestales experimentales con la especie de *Cedrela odorata* establecidas en la Huasteca Potosina con 6 años de edad desarrollaron diámetros de 11.5 cm (IMAD) de 1.91 cm).

Como puede observarse en la literatura consultada al respecto, se reportan trabajos que lograron menores incrementos medios anuales con la especie de *Cedrela odorata*, sin embargo, también se tiene información de que la especie se comporta mejor en otros sitios, aunque es importante mencionar que las evaluaciones que alcanzaron mayores incrementos se refieren a plantaciones de 1 a 6 años de establecidas, en comparación con las plantaciones que fueron evaluadas en este trabajo y que son de 12 y 16 años, por lo que sería importante contar con información de futuras evaluaciones de estas mismas plantaciones. El daño causado por el barrenador de los tallos de esta especie, aunque suele presentarse en etapas tempranas de las plantaciones, los efectos más nocivos se pueden valorar en edades más avanzadas.

Otra especie no menos importante que la anterior, es la *Swietenia macrophylla* (caoba), especie que se presenta en todas las plantaciones experimentales como se muestra en la Figura 1.10. Aparentemente los crecimientos en diámetro en la grafica se pueden ver con cierta homogeneidad, sin embargo existen algunas diferencias importantes como se detalla a continuación; los mejores diámetros se lograron en las dos Unidades Experimentales (I y II) del Campo Experimental de Tecoman, en el estado de Colima con 16 y 17 cm respectivamente.

Los incrementos medios anuales (IMA) de ambas plantaciones fueron de 1.33 y 0.94 cm respectivamente. Le sigue en orden decreciente los valores que se reportaron para las plantaciones de las Unidades Experimentales II y I del Sitio Experimental de Costa de Jalisco y Campo Experimental Santiago Ixcuintla en Nayarit, con 15.5 cm de diámetro y un incremento medio anual (IMAD) de 1.5 cm y 15 cm de diámetro con un incremento medio anual (IMAD) de 1.25 cm respectivamente.

En el Sitio Experimental El Verdineño, en las dos Unidades Experimentales se comporto de forma similar logrando diámetros de 14.5 y 14.0 cm con incrementos medios anuales (IMAD) de 1.2 y 1.1 cm. Por ultimo la plantación que resultó con diámetros promedio de 9 cm y un incremento medio anual (IMAD) de 0.75 cm, fue la Unidad Experimental I ubicada en el Sitio Experimental Costa de Jalisco, en el municipio de La Huerta.

En el apartado de la sobrevivencia, se dio una explicación respecto a los efectos negativos que se presentaron en esta plantación en etapas iniciales los cuales fueron parte importante de que esta especie se viera limitada en su crecimiento y desarrollo. Bertoni *et al.*, (1980) Evaluó el comportamiento de 9 especies forestales (2 exóticas y 7 nativas) las cuales fueron plantadas en 1971 en el Campo Experimental Forestal El Tormento ubicado en Escárcega, municipio del Carmen, Campeche. Las variables evaluadas fueron; sobrevivencia, diámetro y altura. La especie caoba (*Swietenia macrophylla*) con 5 m de altura y 5 cm. de diámetro cuyo incremento medio anual (IMAD) fue de 0.55 cm, siendo este muy inferior a lo reportado por la especie en las plantaciones evaluadas en los estados de Jalisco, Nayarit y Colima.

Por su parte Ordaz (1995), informó que en una plantación de dos años de edad en el Valle de Apatzingan, Michoacán la Caoba presentó diámetro promedio de 3.4 cm con un incremento medio anual (IMAD) de 1.7 cm, en este caso el incremento es muy similar al reportado en algunas de las plantaciones evaluadas en los estados mencionados. Sin embargo Cruz (2003), menciona que en plantaciones forestales experimentales con las especies de Caoba (*Swietenia macrophylla*) realizadas en la Huasteca Potosina, a la edad de 5 años de establecidas, estas alcanzaron diámetros de 11.6 cm con un incremento medio anual (IMAD) de 2.3 cm, al igual que en el caso de *Cedrela odorata* en la medida que aumenta la edad de las plantaciones con estas especies, el incremento medio anual disminuye y cuando se trata de plantaciones Juveniles generalmente el incremento medio anual es mayor.

#### **1.6.4. Altura media por especie y plantación**

Como se muestra en la Figura 1.11. aunque la altura que alcanzan las diferentes especies es muy variable entre ellas, dentro de cada una de estas es muy similar cuando el crecimiento es hasta cierto punto normal; es decir que no se presenten eventualidades desfavorables para su crecimiento y desarrollo, incluso para la sobrevivencia de las mismas.

Para el caso de la especie *Roseodendron donnell smithii* y que se tiene presente solamente en cuatro Unidades Experimentales, los crecimientos en altura son muy homogéneos 11 m con un incremento medio anual (IMAA) de 0.92 m, 11 m cuyo incremento medio anual (IMAA) es de 0.92 m, y 13 m con incremento medio anual (IMAA) de 1.08 m. Unidad Experimental II del Sitio Experimental Costa de Jalisco, Unidades Experimentales II y I del Campo Experimental de Tecoman, Colima, respectivamente.

La Unidad Experimental I del Sitio Experimental El Verdineño resultó con alturas de 4.3 m e incremento medio anual (IMAA) de 0.36 m el cual fue muy inferior, a los tres anteriores.

Es importante señalar que esta especie no se adaptó a las condiciones ambientales de este Sitio, ya que de acuerdo con Villa *et al.*, (1995) en esta parte se presentan lluvias con vientos fuertes y el terreno es bajo y se inunda de manera temporal de manera importante, por lo que la especie desde sus inicios fue mostrando los efectos que dicho ambiente provocó en la no adaptación y poco desarrollo de la especie.

En los apartados de sobrevivencia y diámetros promedio, ya se hizo el señalamiento que esta especie fue la que se comportó mejor en las dos Unidades Experimentales del Campo Experimental Tecoman, del estado de Colima, por lo que sin lugar a dudas es una especie muy promisoría para plantaciones comerciales en esa zona. Ordaz (1995), informó que en una plantación de 2 años de edad logró alturas de 5.8 m con un incremento medio anual (IMAA) de 2.9 m.

Por su parte Muñoz (1995), reportó que en una plantación de 1 año de edad establecida en el Municipio de Apatzingan, Michoacán, alcanzó alturas de 3.37 m con un incremento medio anual (IMAA) de 3.37 m, aunque los valores reportados en la literatura citada son mayores que los reportados en las plantaciones evaluadas en este trabajo, no significa que los resultados encontrados sean negativos, por el contrario se consideran como un comportamiento normal del crecimiento en altura de la especie, ya que se trata de plantaciones de mayor edad de establecidas.

*Cedrela odorata* se estableció en seis de las siete plantaciones experimentales establecidas, y las mejores alturas se registraron en las dos Unidades Experimentales del Campo Experimental de Tecoman, Colima, con 11 m e incremento medio anual (IMAA) de 0.67 m para la Unidad II y 10 m cuyo incremento medio anual (IMAA) fue de 0.833 m para la Unidad I, el incremento medio anual resultó mayor en la Unidad I.

En el orden de importancia en relación a esta variable, la especie desarrollo alturas de 9 m (IMAA de 0.90 m) en la Unidad Experimental I del Sitio Experimental Costa de Jalisco. El incremento anual es mayor en esta Unidad, debido a que esta tiene 10 años de establecida.

Las Unidades Experimentales I del Sitio El Verdineño y Unidad Experimental I del Campo Experimental Santiago Ixcuintla, ambas del estado de Nayarit, mostraron valores similares de 6 m con incremento medio anual (IMAA) de 0.5 m. de altura. Los incrementos menores en altura que se evaluaron fueron para la Unidad Experimental II del Sitio Experimental Costa de Jalisco con un valor de 5.2 m e incremento medio anual (IMAA) de 0.43 m. Vázquez (1965) citado por Forte (2005), señala que en una plantación con Cedro rojo de 18 años de edad, los árboles llegaron a 20 m de altura, con un incremento medio anual (IMAA) de 1.1 m.

En tanto que Cruz (2005), en una plantación de 6 años de edad reportó alturas de 3.4 m (IMAA de 0.57 m). Bertoni *et al.*, (1980), reportaron que en Escárcega Campeche, en una plantación de 9 años de establecida logró alturas de 3 m con un incremento medio anual (IMAA) de 0.34 m.

Con relación a la especie *Swietenia macrophylla* como se muestra en la Figura 1.11, los crecimientos en altura son muy similares, aunque los mejores resultados se registraron, en las dos Unidades Experimentales II del Campo Tecoman, Colima con 9 m con incremento medio anual (IMAA) de 0.56 m y Unidad Experimental II de Sitio Experimental El Verdineño con 8.1 m e incremento medio anual (IMAA) de 0.68 m.

El incremento es menor en la primera Unidad experimental debido a que la plantación tiene 16 años de establecida y la segunda Unidad solamente 12 años de haberse establecido.

Otra unidad que presenta alturas de 8 m y cuyo incremento medio anual (IMAA) fue de 0.67 m es la Unidad Experimental del Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Nayarit. En el orden decreciente la especie resultó con alturas de 7.7, 7.1 y 7.0 m e incrementos medios anuales (IMAA) de 0.64, 0.59 y 0.7 m en las Unidades Experimentales I del Campo Experimental Tecoman, Colima, Unidad Experimental I del Sitio Experimental El Verdineño, en Nayarit y Unidad Experimental I del Sitio Experimental Costa de Jalisco, en Jalisco, respectivamente.

En la Unidad Experimental II del Sitio Costa de Jalisco, se reportó la menor altura alcanzada de esta especie, con valor de 5.9 m e incremento medio anual (IMAA) de 0.49 m. Bertoni *et al.*, (1980) mencionaron que en una plantación de 9 años, en Escárcega, Campeche, con esta especie (Caoba), obtuvo alturas de 5 m con incremento medio anual (IMAA) de 0.55 m. Muños *et al.*, (1995) describieron que en una plantación de la misma especie y con 1.6 años lograron alturas de 1.6 m cuyo incremento medio anual (IMAA) fue de 1.0 m. Por su parte Cruz (2003), en una plantación de 5 años de establecida reportó alturas de 7.2 m e incremento medio anual (IMAA) de 1.44 m.

Con relación a las alturas logradas por *Tabebuia rosea* como se muestra en la Figura 1.11, se trata de una especie que se estableció en las siete plantaciones forestales evaluadas y aunque el crecimiento en altura es muy homogéneo, sobresalen los valores registrados de las Unidades Experimentales II y I del Sitio Experimental Costa de Jalisco, con 12.7 m y 10.0 m con incrementos medios anuales (IMAA) de 1.05 y 1.0 m respectivamente.

Siguiéndoles en el orden de importancia las alturas logradas en las Unidades experimentales I del Sitio experimental El Verdineño, en Nayarit con 9.2.m con incremento medio anual (IMAA) de 0.76 m, Unidades Experimentales I y II del Campo Experimental Tecoman, Colima, con 9.0 m y 9.0 m e incrementos medios anuales (IMAA) de 0.75 m y 0.56 m respectivamente.



Las alturas menores promedio reportadas para esta especie, fueron en las Unidades Experimentales II y I del Sitio Experimental El Verdineño y Campo experimental Santiago Ixcuintla, ambas en el estado de Nayarit, con 7.0 m e incremento medio anual (IMAA) de 0.58 m respectivamente. Son pocas las experiencias reportadas en plantaciones forestales con esta especie, sin embargo Muños *et al.*, (1995) reportó para una plantación de 1.6 años de establecida alturas de 1.22 m con incremento medio anual (IMAA) de 0.76 m.

Por su parte Cruz (2005), menciona que una plantación de 6 años de establecida en la Huasteca Potosina, logró alturas de 2.3 m con un incremento medio anual (IMAA) de 0.38 m. Comparando los incrementos medios anuales reportados en las plantaciones experimentales en estudio y los incrementos reportados por la literatura consultada, se considera que la especie se ha venido comportando de manera excelente, no obstante estos incrementos podrían ser mejorados aplicando un buen manejo de estas plantaciones.

En cuanto a la especie *Tectona grandis* que solamente se estableció en dos Unidades experimentales; la I del Sitio experimental Costa de Jalisco y II de Sitio experimental El Verdineño, en Nayarit, en el primer caso la especie a los 10 años logró la mejor altura 16 m con un incremento medio anual (IMAA) de 1.33 m solamente superada por la especie de *Gmelina arborea* que presentó una altura de 17 m cuyo incremento medio anual (IMAA) fue de 1.7 m y que se estableció en la Unidad Experimental I del Sitio Costa de Jalisco.

En el segundo caso (El Verdineño) la especie alcanzó a los 12 años 11.0 m de altura con un incremento medio anual (IMAA) de 0.91 m. Lo anterior significa que la especie se desarrollo mejor en la Costa de Jalisco. Cedeño (1978), en una plantación de 3 años establecida en Escárcega, Campeche, obtuvo alturas promedio de 4.98 m con incremento medio anual (IMAA) de 1.66 m. incremento muy similar al reportado en La costa de Jalisco.

Por su parte Chávez y Fonseca (1991), en una plantación con esta especie, con 16 años de edad reportó alturas de 16 m con un incremento medio anual (IMAA) de 1.0 m. cuyo incremento es inferior reportado para la Costa de Jalisco, pero muy similar al incremento logrado en el estado de Nayarit. Por su parte De la Cruz y Barrosa (1993), en Huimanguillo Tabasco, en una plantación de 8 años de establecida informaron que la especie alcanzó 16 m de altura e incremento medio anual (IMAA) de 2.0 m.

Como puede notarse existen reportes con mayores y menores incrementos medios anuales en relación a esta variable, sin embargo los incrementos reportados en las plantaciones en estudio se consideran muy aceptables.

Por ultimo *Enterolobium cyclocarpum* que solo se estableció en dos Unidades Experimentales la II del Sitio experimental Costa de Jalisco, a los 12 años logró 11.6 m con incremento medio anual (IMAA) de 0.96 m y la II del Campo experimental Tecoman, Colima, a los 18 años se reportó 12 m e incremento medio anual (IMAA) de 0.75 m.

En cuanto a esta variable y con base a estos resultados se considera que esta especie desarrollo mejores incrementos promedio en alturas en la Unidad experimental II del Sitio experimental Costa de Jalisco. Bertoni *et al.*, (1980) en una plantación con esta especie establecida en Escárcega, Campeche, logró alturas de 9.0 m con incremento medio anual (IMAA) de 1 m a la edad de nueve años, valor muy similar para el caso de la Unidad experimental II del Sitio experimental Costa de Jalisco, y un poco superior a la Unidad Experimental II del Campo experimental, Tecoman, Colima.

Sin embargo en otros países como es el caso de Trinidad y Tobago, según Vázquez (1965) citado por Forte (2005), una plantación de 5 años de establecida, logró una altura de 15 m cuyo incremento medio anual (IMAA) de 3.0 m.

## 1.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En general y con base al Cuadro 1.1 el inventario del arbolado plantado en las siete Unidades Experimentales, se establecieron 7073 árboles de diferentes especies, reportándose un total de 2368 árboles desaparecidos, lo que significa que se registró una sobrevivencia del 74 %, la cual es considerada buena.

La mejor sobrevivencia se reportó en las especies de *Roseodendron donnell smithii*, *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla* y *Tabebuia rosea*, sin embargo esto no se dio en todos los Campos Experimentales. Para el caso de *Roseodendron donnell smithii* en el Campo Experimental Tecoman los resultados fueron excelentes y no así para Campo Experimental El Verdineño y Costa de Jalisco. En cuanto las demás especies los resultados son uniformes en todos los Campo Experimentales.

Los resultados más sobresalientes, tomando en consideración las tres parámetros (sobrevivencia, diámetro y altura) de manera conjunta, los presentó la especie exótica *Gmelina arborea*, sin embargo este especie solo se plantó en una unidad Experimental (I) del Campo Experimental Costa de Jalisco, en el municipio de la Huerta, Jalisco. Otras de las especies promisorias la *Tectona grandis*, *Roseodendron donnell smithii*, *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla* y *Tabebuia rosea*, aunque se deberán considerar los resultados y observaciones de cada Unidad Experimental.

El manejo y protección de las plantaciones forestales en general han sido muy deficientes por no contar con los recursos necesarios para esto, por tal motivo el poder afirmar que tal o cual especie no es promisorio para ciertos lugares o sitios en donde se requiere establecer plantaciones forestales con las especies en estudio, aun es muy aventurado, sin embargo se puede inferir o recomendar aspectos técnicos en base a los resultados preliminares que ya se tienen.

Se sugiere continuar con este trabajo y establecer otros similares en diversas localidades del Occidente de México, con el fin de obtener información más precisa y poder determinar las especies más idóneas para cada sitio en particular, evitando así contratiempos y riesgos de fracasos en el establecimiento y manejo de plantaciones forestales con fines comerciales.

## 1.8. LITERATURA CONSULTADA

1. Agrosot Ltda. 2000. *Gmelina arborea* Roxb. Trees versión 2. Serie-Especial Forestales. Reporte de especies No. 4. Medellín, Colombia. pp. 2-9. (Internet). Disponible: [http://www.colforest.com.co/serie\\_especies\\_forestales/gmelina-arborea.pdf](http://www.colforest.com.co/serie_especies_forestales/gmelina-arborea.pdf). (Consultada: 02 de Septiembre del 2005).
2. Agropecuaria Santa Genoveva 2004. Proyectos integrales de producción agropecuaria y forestal en Campeche. Sexta Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. Expoforestal México Siglo XXI del 1 al 4 de junio de 2004. CONAFOR, PRODEPLAN, SEMARNAT. Guadalajara, Jalisco, México. 39 p.
3. Barrio, C. J. M. 1980. Plantaciones piloto de *Gmelina arborea* (Linn) ensayada con tres fuentes locales. Revista Ciencia Forestal México. Vol. 5(25): pp 41-57.
4. Benavidez, U. G. 2007. Crecimiento en altura y diámetro de seis especies tropicales en una plantación experimental, en La Huerta, Jalisco. Tesis de Licenciatura. Centro Universitario de la Costa Sur. División de Desarrollo Regional. Universidad de Guadalajara. Autlán de Navarro Jalisco. 61 p.
5. Bertoni, V. R. y V. M. Juárez, G. 1980. Comportamiento de nueve especies forestales tropicales plantadas en 1971 en el Campo Experimental Forestal Tropical "El Tormento". Revista Ciencia Forestal en México. Vol. 5(25): pp 3-40.
6. Cedeño, S. O. 1978. Especies tropicales de rápido crecimiento. Memoria. Algunas experiencias forestales. Púb. Esp. No. 12. SFF-SARH. pp. 27-37.
7. Cedeño, S. O. y A. B. Villa S. 1978. La *Gmelina arborea* posible solución a las plantaciones forestales en el trópico mexicano. Ciencia Forestal 3:13. SARH. Dirección General de Investigación y Capacitación Forestal. México, D. F. pp.19-29.
8. Chávez, E. y W. Fonseca G. 1991. Teca *Tectona grandis* L. f. Especie de árbol de uso múltiple en América central. Serie Técnica. Informe Técnico No. 179. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 47 p.
9. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). ([http://www.conafor.gob.mx/programas\\_nacionales\\_forestales/prodeplan/index.html](http://www.conafor.gob.mx/programas_nacionales_forestales/prodeplan/index.html)) (Consultado 30 de Marzo del 2006).
10. Cozzo, D. 1976. Tecnología de Forestación en Argentina y América Latina. Ed. Hemisferio Sur. 610 p.

11. Cruz, F. M. 2005. El Palo Rosa, su establecimiento en la Huasteca Potosina. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental. Huichihuayan. Folleto para productores Número 8. San Luis Potosí, México. 12 p.
12. Cruz F, M. y de la Garza Núñez, J.A. 2003. La Melina. Establecimiento y aprovechamiento en la Huasteca Potosina. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental. Huichihuayan. Folleto para productores Número 5. San Luis Potosí, México. 14 p.
13. Cruz F, M. 2003. La Caoba, una alternativa para áreas deforestadas de la Huasteca Potosina. Campo Experimental. Huichihuayan. INIFAP-CIRNE. Folleto para productores Número 4. San Luis Potosí, México. 15 p.
14. Cruz F, M. 2003. EL Cedro, establecimiento y manejo en la Huasteca Potosina. Campo Experimental. Huichihuayan. INIFAP-CIRNE. Folleto para productores Número 7. San Luis Potosí, México. 16 p.
15. De la Cruz, P. E. y Barrosa, C. J.T. 1993. Producción de planta y establecimiento de plantaciones de Melina en el estado de Tabasco. Campo Experimental Huimanguillo. INIFAP-CIRGC. Folleto técnico número 18. División Forestal. 23 p.
16. De León G., J. C. 2001. Sector Forestal en México.  
(<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/eco/secformx.htm#>)(Consultado 23 de Marzo 2006).
17. Escarpita, H. C. E. 1978. Aspectos generales de las plantaciones comerciales de la "Sabana" en el estado de Oaxaca. *In: Memoria de la Primera Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales*. México D.F. Pub. Esp. No. 13. SARH, Dirección General de Investigación y Capacitación Forestal. México. pp. 424-439.
18. Espinoza, A. J. y Talavera Z. E. 1998. Informe anual del proyecto de granjas Forestales. Reporte Interno de INIFAP. Guadalajara, Jalisco. 14 p.
19. Espinoza, A., J. 1994. Primera evaluación de una plantación de maderas preciosas en una granja forestal. El Verdineño, Nayarit. VII Reunión regional científica y técnica forestal y agropecuaria. CIPAC-INIFAP. SARH. Michoacán. 172 p.
20. Forte, C. R. 2005. Evaluación dasométrica de cuatro especies tropicales en una plantación experimental en Tecoman, Colima, México. Tesis de licenciatura. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, división de Ciencias Agronómicas. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco. 68 p.

21. Flores, O.; Hernández O.; kanninen M.; coronen E.; Noguéz A. y Ruokonen M. 1995. Criterios y elementos para la planificación de plantaciones forestales. Manuales y guías No. 9. Acuerdo de cooperación en materia forestal entre México-Finlandia. Helsinki. 92 p.
22. Gaytán A., R. P. y Gómez S., F. 1985. La especie *Gmelina arborea* Roxb como materia prima para la fabricación de productos celulósicos en México. Revista Ciencia Forestal No. 56. SARH. SFF. INIF. pp 3-15.
23. Gómez, T. J. 1989. Comparación del crecimiento de ocho especies forestales tropicales, en Escárcega, Campeche, México. Tesis Profesional. Subsecretaria de Educación e Investigación Tecnológicas Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencia del Mar. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 5 China, Campeche, México. 64 p.
24. Green Peace. 2005. La gran mentira de este gobierno: que redujo la deforestación en 50 %. <http://www.greenpeace.org/mexico/news/la-gran-mentira-de-este-gobier>. (Consultado 23 de Marzo del 2006).
25. Jiménez C., J.M. Evaluación dasométrica de doce procedencias de *Gmelina arborea* Roxb. en Escárcega, Campeche. Tesis de Licenciatura. U. A. Chapingo 71 p.
26. Juárez, G. V. M. y H. Ramírez, M. 1985. Crecimiento de *Gmelina arborea* Roxb. (L.), en cuatro espaciamientos. Revista Ciencia Forestal. Vol.10(56):pp 33-45.
27. Lamb, A.F.A. 1968. *Gmelina arborea* In: Fast Growing Timber Trees of Lowland Tropics. No. 1. University of Oxford, departament of forestry. Comm. For. Inst. 34 p.
28. Mas P., J y Borja L., G. 1974. "Es posible Mediante el Sistema Taungya aumentar la productividad de los Bosques Tropicales en México". Bol. Tec. No. 39. SAG. SFF. INIF. México, D.F. 47 p.
29. Moya, R., R. 2001. Influencia de la edad del cambium, tasa de crecimiento y nivel de precipitación sobre la densidad básica de la teca en Costa Rica. Madera y Bosques 8 (1): pp 39-49.
30. Murillo, G. O., Badilla, V. Y. y Gallegos, R. A. 2003. Guía para la evaluación de la calidad del establecimiento de plantaciones forestales. Instituto Tecnológico de Costa Rica y Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco. México. 37 p.
31. Muñoz, F. H. J., L. Madrigal H. y M. A. Hernández L. 1995. Establecimiento de cinco especies nativas tropicales, en el Campo Experimental "Valle de Apatzingan" Municipio de Paracuaro, Michoacán. INIFAP. Valle de Apatzingán, México. Inédito.

32. Muñoz, F. H. J., L. Madrigal, H., y L. M. Hernández, A. 1996. Dos especies promisorias para el establecimiento de plantaciones comerciales en el trópico seco de Michoacán. Memoria científica No 1. VIII Reunión Regional Científica Técnica: Forestal y Agropecuaria. INIFAP. Valle de Apatzingán, México. 116 p.
33. Nieto R., V..M. (2008). Las diez especies Top para investigación y desarrollo forestal. (Disponible en línea: <http://www.revista-mm.com/rev46/art3.htm>).
34. Olvera, V. M., Moreno, G. S. y Figueroa, R. B. 1996. Sitios permanentes para la investigación silvícola. Manual para su establecimiento. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco. México. 55 p.
35. Ordaz O., E. 1995 Granjas forestales: una alternativa para la producción sostenible en la zona tropical. IN VIII Reunión científica y técnica forestal y agropecuaria, INIFAP. P 164.
36. Padilla, G. H. 1981. Glosario práctico de términos forestales. Cuadernos Universitarios. Serie Agronomía N° 3. Departamento de bosques, Dirección de difusión cultural. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 82 p.
37. Patiño V., F y Vela, G. L. 1981. Criterios para el establecimiento de plantaciones forestales por área ecológica. Memoria. Segunda Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. Publicación Especial No 33. INIF-SFF-SARH. Pp.101-144.
38. Patiño V., F.; Rodríguez P., A.; Marín Ch., J. y Díaz M., E. 1993. Melina (*Gmelina arborea* Roxb). Producción de planta, establecimiento y manejo de plantaciones. Libro técnico. Centro de Investigación Regional del Sureste. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Mérida, Yucatán, México. 167 p.
39. Patiño, V. F. 1995. Espaciamiento en plantaciones forestales. Revista Ciencia Forestal México. Vol. 20(77):pp 67-81.
40. Patiño, F. 1997. Recursos genéticos de *Swietenia macrophylla* y *Cedrela odorata* en los geotrópicos. Propuestas para Acciones Coordinadas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma – Italia. 58 p.
41. Paz, O, H. 1990. Plantaciones comerciales de primavera (*Roseodendron donnell-smithii* (rose) Miranda, en la costa de Chiapas, Gobierno del Estado de Chiapas. Secretaria de Desarrollo Rural. Dirección de Fomento Agrícola y Forestal, Informe Interno, 20 p.
42. Pérez, L. D., y M. Kanninen. 2002. Estimación del volumen comercial a diámetros y alturas variables para árboles de teca (*Tectona grandis*) en Costa Rica. 12 p.

43. Pérez Z., O. 1993. Estudio preliminar de la precipitación pluvial mensual en el Estado de Colima, Gobierno del Estado de Colima, México. Reporte Interno, INIFAP, 35 p.
44. Pieter, G. I.; Kirchner, S. F.; Díaz, A.; Granados, C. A. y Orozco, L. A. 1982. Producción Forestal. Manual para educación agropecuaria. Ed. Trillas, S. A. Secretaria de Educación Pública. Área: Producción Forestal. 134 p.
45. REFORESTA MEXICANA. 2004. Establecimiento de plantaciones comerciales en el municipio de las Choapas, Veracruz, México. VI Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. México, Siglo XXI del 1 al 4 de junio de 2004. CONAFOR, PRODEPLAN, SEMARNAT. Guadalajara, Jalisco, México. 17 p. ISBN 9968-9996-3-6. 1 disco compacto.
46. Rueda, S.A. 1998. Áreas potenciales para plantaciones forestales de once especies de pino en Jalisco. Tesis de Maestría. División de Ciencias Agronómicas del CUCBA. U de G. Jalisco, México. 107 p
47. Rzedoski, J. y R. McVaugh. 1966. La vegetación de la Nueva Galicia. Contrib. Univ. Mich. Herb. 9: pp. 1-123.
48. Salazar, R. 1997. *Tabebuia rosea* (Bertol) DC. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales, CATIE, No. 8. 2 pp.
49. Sánchez, M. A. 1989. Monografía de *Gmelina arborea* y situación en México. Tesis Licenciatura. Departamento de Investigación y Enseñanza y servicio, en Bosques. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 153 p.
50. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2003). Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. 61 p.
51. Schlichter, T., Gyenge, J., Laclau, P. y Fernández, M. E. 2004. Viabilidad ecológica y económica de la forestación con coníferas en sistemas silvo-pastoriles, II parte. Investigación forestal 2ª entrega. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Buenos Aires, Argentina. Pp 56-61.
52. Torres J. M y O. Magaña T. 2001. Evaluación de plantaciones forestales. Limusa, Noriega Editores, México D. F. 472 p.
53. Valencia H., A. 1980. Monografía del Estado de Nayarit. SARH, México, 62 p.
54. Villa C., J; E. Ordaz O. y J. Espinosa A. 1996. Análisis del desarrollo de cuatro especies tropicales en la granja forestal Tecoman. Reporte Interno, INIFAP, 19 p.



1.9. FIGURAS

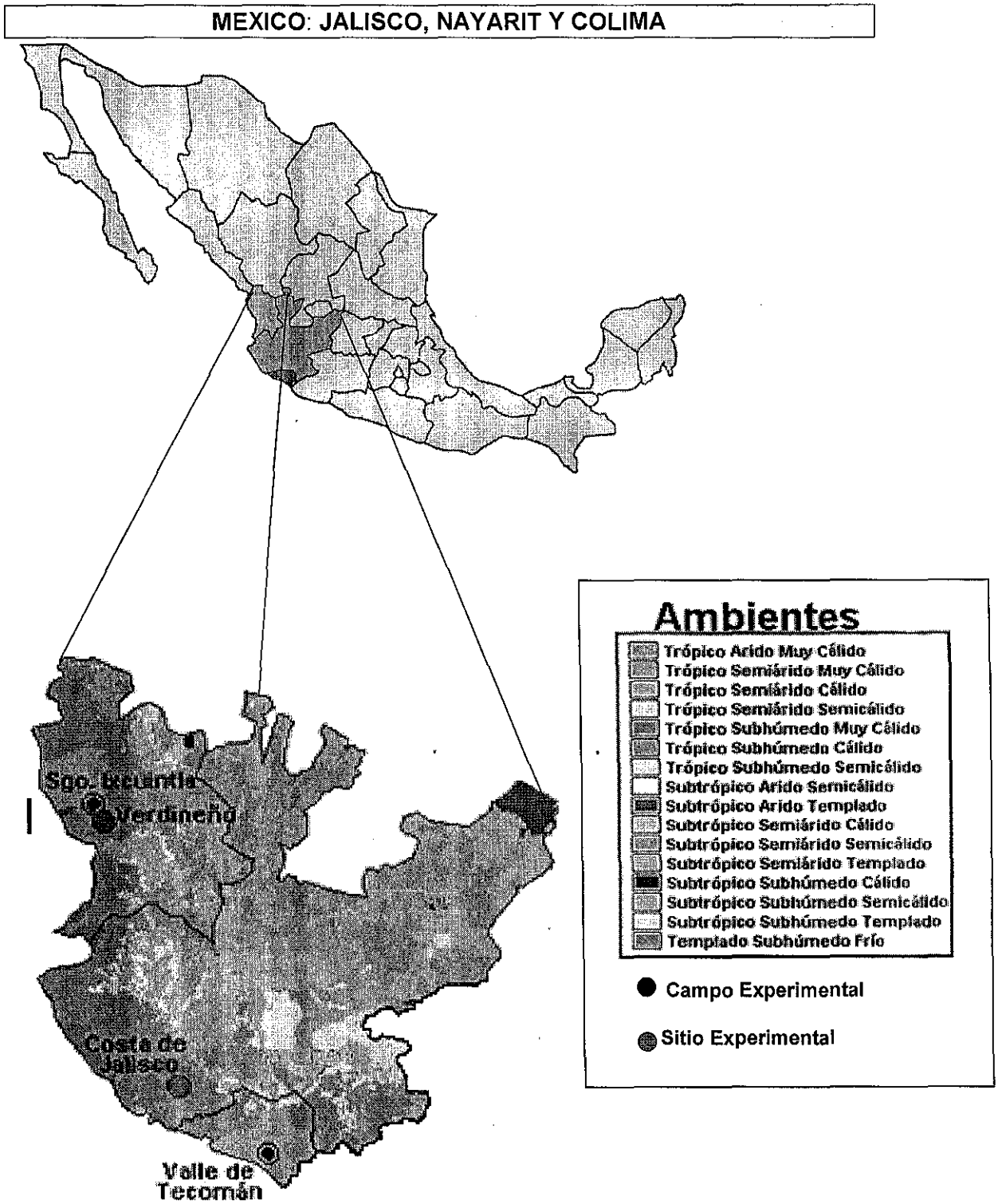


Figura.1.1. Ubicación del área de estudio



**Figura 1.2. Unidad Experimental I en el Campo de Tecoman, Colima**



**Figura 1.3. Unidad Experimental II en el Campo de Tecoman, Colima**



**Figura 1.4. Unidad Experimental I en el Campo Experimental El Verdineño, Nayarit.**



**Figura 1.5. Unidad Experimental II en el Campo Experimental El Verdineño, Nayarit. Teca.**



**Figura 1.6. Unidad Experimental I en el Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Nayarit. Rosa Morada y Cedro Rojo**



**Figura 1.7. Unidad Experimental I en el Campo Experimental Costa de Jalisco**



Figura 1.8. Unidad Experimental II en el Campo Experimental Costa de Jalisco

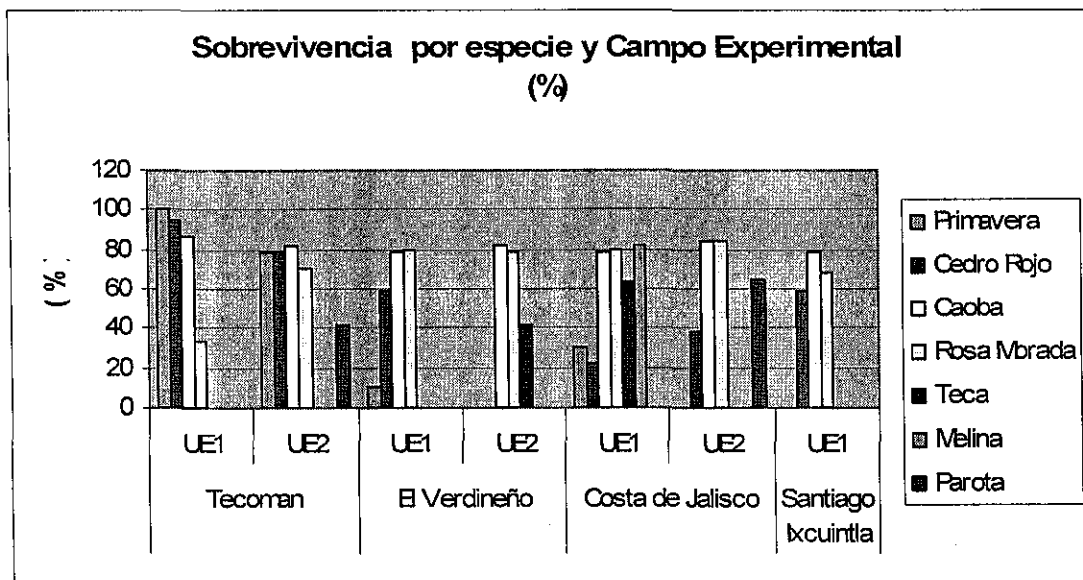


Figura 1.9. Sobrevivencia por especie, Unidad y Campo Experimental

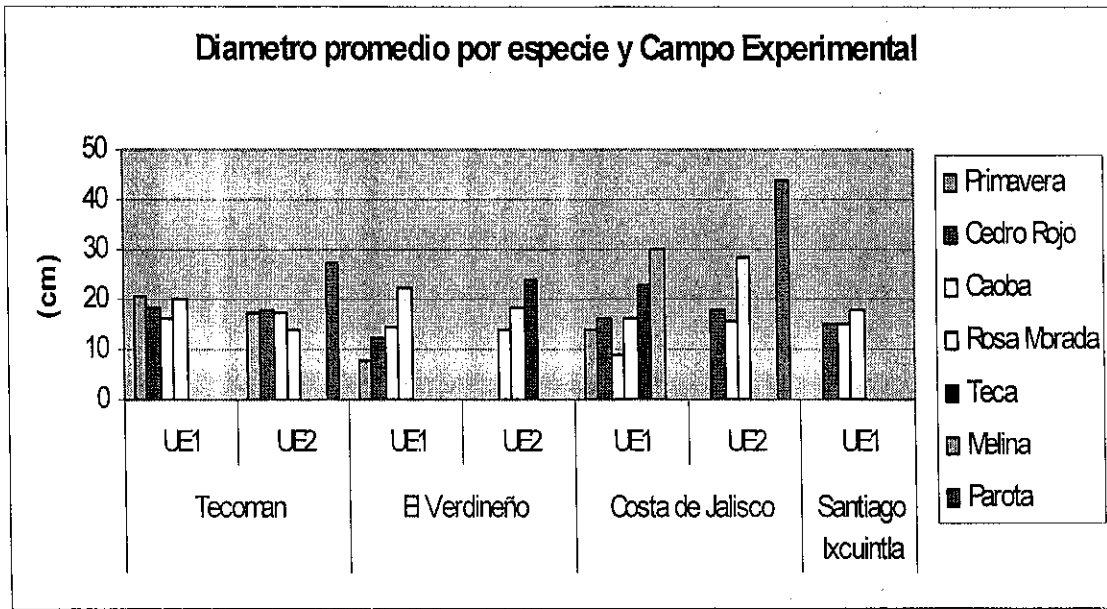


Figura 1.10. Diámetro medio por especie, unidad y Campo Experimental

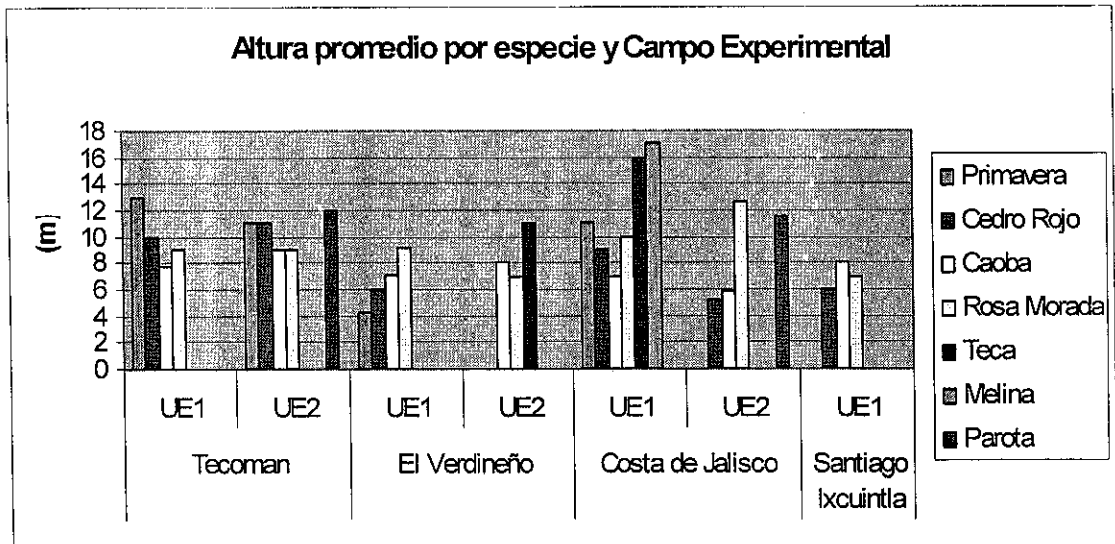


Figura 1.11. Altura promedio por especie, Unidad y Campo Experimental

## 1.10. CUADROS

**Cuadro 1.1.-Inventario de árboles forestales de las plantaciones en estudio**

Campo Exp.	Plantación forestal	Árboles plantados							Árboles desaparecidos							Existencia actual							
		C	C	R	P	P	T	M	C	C	R	P	P	T	M	C	C	R	P	P	T	M	Total
		R	A	M	A	E	E	R	A	M	A	E	E	R	A	M	A	E	E				
Tecomán	UE-I (1152)	2 8 8	2 8 8	2 8 8	2 8 8				1 5	4 1 3	1 9 0					2 7 3	2 4 7	9 5 8	2 8 8				903 V 249 D
	UE-II (846)	1 7 5	1 4 6	1 7 5	1 7 5	1 7 5			3 8	2 6	5 2	3 8	1 0			1 3 7	1 2 0	1 1 3	1 1 7	1 7 4			591 V 255 D
El Verdineño	UE-I (1152)	2 8 8	2 8 8	2 8 8	2 8 8				1 8	4 3	5 7	2 5			1 7 0	2 4 5	2 3 1	2 9 8				675 V 477 D	
	UE-II (179)		5 4	6 0			6 5			9 3	1 1			3 7		4 5	4 7				2 8	120 V 59 D	
La Huerta	UE-I (1728)	2 8 8	2 8 8	2 8 8	2 8 8		2 8 8	2 8 8	2 4 4	4 3 3	5 7 3	2 0 3		1 0 6	5 2 4	6 4 5	2 4 5	2 3 5	8 3 5		1 8 2	2 3 6	1043 V 685 D
	UE-II (1152)	2 8 8	2 8 8	2 8 8		2 8			1 7 8	4 6 8	4 6 6		1 0 1		1 0 2	2 4 2	2 4 2			1 8 7			781 V 371 D
Santiago Ixcuintla	UE-I (864)	2 8 8	2 8 8	2 8 8					1 1 8	6 3 2	9 2				1 7 0	2 5 5	1 9 6					591 V 273 D	
	Subtotal=	1 6 1 5	1 6 4 0	1 6 7 5	1 0 3 9	4 6 3 3	3 5 3	2 8 8	6 9 1	2 7 1	5 0 0	5 0 2	2 4 3	1 0 2	5 4 3	9 2 4	1 4 6	1 3 6	1 3 9	5 6 1 0	2 3 6 0	2 3 1 6	4704 V 2369 D

Fuente: Información obtenida en Campo.

Simbología: UE= Unidad experimental, CR= Cedro Rojo, CA= Caoba, RM= Rosa Morada, P= Primavera, PA= Parota, TE= Teca y ME= Melina. V= Vivos y D= desaparecidos

## CAPITULO 2

### TABLAS DE VOLUMEN DE PLANTACIONES DE ESPECIES FORESTALES TROPICALES, EN JALISCO, NAYARIT Y COLIMA

#### RESUMEN

El trabajo se realizó en siete Unidades experimentales de plantaciones forestales de los Campos y Sitios experimentales del Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro (CIRPAC) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), distribuyéndose de la siguiente manera: Sitio experimental Costa de Jalisco, que se localiza en el municipio de la Huerta. En este sitio se ubican dos Unidades Experimentales; Sitio experimental El Verdineño y Campo Experimental Santiago Ixcuintla, ambos del municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit. En el primer caso se cuenta con dos Unidades Experimentales y una en el segundo. En el Campo Experimental Tecoman, Colima, se cuenta con dos Unidades experimentales. El trabajo se dividió en dos etapas; trabajo de campo y actividades de gabinete. El trabajo de campo consistió en la obtención de datos de árboles en pie y sin derribo, en las Unidades Experimentales ya mencionadas en las especies de *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla*, *Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, *Tabebuia rosea* y *Roseodendron donnell Smithii*. De cada árbol muestra por medio de un tele-relascopeo, se pudo obtener la altura total, diámetro normal y pares de observaciones diámetro-altura, a diferentes alturas del fuste, con las que se simulaban trozas. Se midieron 32 árboles por especie y Unidades experimentales, tratando de contar con individuos representativos de todas las condiciones y características dasométricas (buenos, medianos y malos). En gabinete se creó una base de datos con la información obtenida en campo y se calculó el volumen, empleando para esto las fórmulas Smalian para las trozas imaginadas con el tele-relascopeo y Paraboloides para las puntas y tocones, esto se llevó a cabo empleando la hoja de cálculo del Excel para cada árbol. Con el volumen, la altura total y el diámetro normal de cada árbol, se hicieron tripletes para formar una matriz de regresión  $A_{n \times 3}$  o sea  $n$  observaciones con tres variables cada una. Para el análisis de información se empleó el paquete de cómputo SAS (Statistical Analysis System), aplicando el procedimiento para regresión PROC GLM para modelos exponenciales linealizados, el ajuste de los modelos se realizó mediante la técnica de regresión, por mínimos cuadrados ordinarios para modelos lineales. En la fase de elección se consideraron los siguientes criterios:  $R^2$  alto (cerca de 1),  $S^2 = \sigma^2$  cuadrado medio del error bajo, Coeficiente de regresión significativos (diferentes de cero), dispersión de los residuales sin tendencia alguna no aleatoria (que fluctúen alrededor de cero) y Consideraciones particulares (interpretación biológica). El modelo empleado para la elaboración de las tablas de volúmenes fue el de la variable combinada ( $v = \beta_1(D^2A)^{\beta_2} + E$ ) linealizado con logaritmos ( $\text{Log}v = \log\beta_1 + \beta_2 \log(D^2A) + E$ ), debido a que presentó un ajuste aceptable de los estadísticos comparados con otros modelos. Se elaboraron 17 tablas de volúmenes de las cuales 4 correspondieron para *Swietenia macrophylla*, 4 para *Cedrela odorata*, 4 *Tabebuia rosea*, 2 para *Roseodendron donnell Smithii*, 2 *Tectona grandis* y 1 para *Gmelina arborea*.



## 2.1. INTRODUCCIÓN

La evaluación de los recursos maderables del bosque ha sido indispensable en el desarrollo de los planes de manejo así como en los programas de aprovechamiento del recurso forestal, por lo que la estimación de existencias volumétricas han sido una práctica comúnmente por los técnicos forestales (Salas *et al.*, 2002).

Actualmente la ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (Art. 73) y su Reglamento (Art. 37) establecen que los programas de manejo para el aprovechamiento de recursos forestales maderables, deberán contener un estudio dasométrico que incluya estimaciones de las existencias maderables por especie, expresadas como volúmenes. En el primer inventario nacional forestal, que se realizó de 1961 a 1985, se elaboraron tablas de volumen para coníferas y latifoliadas, en casi todas las regiones del país. Sin embargo, debido a su generalidad y la estructura arborea de las masas forestales actuales, muchas de estas herramientas se consideran obsoletas (Velasco *et al.*, 2006).

Esta situación obliga a que actualmente se tengan que generar ecuaciones para la estimación de la madera disponible por árbol para cada una de las principales especies comerciales presentes en el país, y a partir de ellas obtener tablas de volumen (Velasco *et al.*, 2006).

La mayor cantidad de tablas de volumen que se han elaborado, han sido para especies de coníferas de bosques de clima templado frío, mientras que para especies forestales tropicales las tablas de volumen son escasas y en muchos de los casos arrojan datos segados de las existencias reales. En la costa Norte del estado de Jalisco se manejan tres tipos de tablas: a) comunes tropicales, b) preciosas y c) parota, sin embargo en la práctica estas tablas son imprecisas debido a que estas son aplicadas a grupos y no a especies en particular donde cada especie tiene características que en la mayoría de los casos no son comunes (González, 2003).

Por lo anterior se consideró importante y necesario elaborar tablas de volumen para especies forestales tropicales para los estados de Jalisco, Nayarit y Colima, con el propósito de contribuir en la administración de los recursos forestales de manera más eficiente, en zonas específicas de estas entidades.

## 2.2. OBJETIVOS

Contribuir al desarrollo forestal de los estados de Jalisco, Nayarit y Colima con información técnica y aplicable al manejo sustentable de los recursos forestales maderables de las áreas tropicales, a través del desarrollo de tablas de volumen de cuatro especies forestales maderables nativas y dos especies introducidas.

### 2.2.1. Objetivos específicos

Elaborar tablas de volumen para las especies forestales de *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla*, *Tabebuia rosea*, *Roseodendron donnell Smithii*, *Tectona grandis* y *Gmelina arborea*, en La Huerta, Jalisco.

Elaborar tablas de volumen para las especies forestales de *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla*, *Tabebuia rosea* y *Tectona grandis*, en El Verdineño y Santiago Ixcuintla, Nayarit.

Elaborar tablas de volumen para las especies forestales *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla*, *Tabebuia rosea* y *Roseodendron donnell Smithii*, en Tecoman, Colima.

Predecir por medio de modelos matemáticos el volumen fustal sin derribo de árboles de *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla*, *Tabebuia rosea*, *Roseodendron donnell Smithii*, *Tectona grandis* y *Gmelina arborea*, en Jalisco, Nayarit y Colima.

## 2.3. HIPOTESIS

Es posible calcular de manera eficiente el volumen de especies forestales, empleando métodos indirectos y sin derribo de arbolado de cada una de las especies en estudio.

El volumen de fuste sin derribo de una misma especie difiere dependiendo de las características agro ecológicas en donde se desarrollen (Jalisco, Nayarit y Colima).

## 2.4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.4.1. Tablas de volumen (definición)

Jiménez 1990, citado por Salas *et al.*, (2002) menciona que un tabla de volumen se define como una tabulación, en la que el diámetro normal y la altura del árbol son las variables principales para determinar su volumen maderable. Señala también que estas tablas se fundamentan en el principio de que, árboles de la misma especie poseen el mismo volumen promedio, cuando el diámetro y la altura son idénticos y se desarrollan bajo las mismas condiciones ecológicas.

Por su parte Loetsch *et al.*, (1973) citado por Segura (1999), Cailliez (1980), Husch *et al.*, (1982) y González (2003), describen que las tablas de volumen son una relación gráfica o numérica obtenida a partir de una ecuación volumétrica. Que da el estimado de volumen de un árbol o de un conjunto de árboles en función de variables relacionadas con el volumen, tales como el diámetro, altura y la forma.

Brack y Wood (1998), dicen que la tabla de volúmenes expresa el volumen esperado de un árbol en sus dimensiones en particular, de una masa o población. Explica también que una tabla con una sola entrada; por ejemplo diámetro a la altura del pecho (DAP) se aplica para una masa en particular, mientras que una basada en diámetro, altura, ancho de corteza y una expresión de forma puede aplicar a un rango de especies o condiciones si estas variables se relacionan adecuadamente para la estimación del volumen de un árbol.

En tanto que Avery y Burkhart (1964), señalan que la tabla de volumen es una tabulación que proporciona el contenido promedio de madera para árboles en pie de varios tamaños y especies. Asimismo aclaran que las unidades de volumen más comúnmente usadas son el pie tabla, pie cúbico, cuerda o metros cúbicos.

#### **2.4.2. Origen de tablas de volumen**

Salas *et al.*, (2002) mencionan que la primer tabla de volumen fue realizada por Heinrich Von Cotta en el año de 1804, la cual fue dirigida a la estimación de volumen maderable para *Fagus sylvatica*, reconociendo para esta caso que el volumen del árbol dependía de la altura y del coeficiente mórfico. Los mismos autores citan que a finales del Siglo XIX se publicaron en Alemania tablas de volúmenes de Grunder y Schwappach en 1898 y hacen notar que desde entonces, las tablas de volumen se han mejorado y complementado.

En tanto que Jiménez (1990) citado por Salas *et al.*, (2002) señala que Prodan (1965), describe que posterior a la publicación de las tablas de volumen en Alemania, también se han elaborado tablas de volumen para las especies más importantes en diversos países.

Sosa (1976) citado por Salas *et al.*, (2002) refiere que Aarne Nyssonenen 1954 en Helsinki reportó, un trabajo enfocado a la estimación directa del volumen de una masa haciendo uso del relascopio de Bitterlich, en este trabajo en adición a la estimación del área basal por medio del relascopio, la altura media de la masa y un factor de forma, para determinar el volumen. Además, se menciona un factor de altura, que se obtiene a través de modelos de regresión para diferentes especies.

Por su parte González (2003), describe que Loetsch *et al.*, (1973) citado por Segura (1999), que algunos investigadores como Schumacher, Nasslund, Stoate, Dwight y Korsun, desarrollaron ecuaciones que relacionaban el volumen en función del diámetro y de la altura.

De acuerdo con Romanhn *et al.*, (1994) las tablas de volumen han sido utilizadas desde siglos pasados, primeramente en Alemania y Estados Unidos de Norte América, pero debido a que las especies no son las mismas y tampoco las condiciones climáticas, por lo que estas no pueden ser aplicadas para las especies y bosques de México, por lo tanto es necesario realizar tablas de volumen para México tomando como referencia los modelos europeos y americanos. El mismo autor

González (2003), menciona que en México ha seguido con la utilización de tablas de manufactura extranjera, las cuales en su gran mayoría, no son aplicables a los bosques y sobre todo para especies tropicales, pero que son empleadas por existir escasez de tablas aplicables de manera específica para nuestros recursos forestales, y que por esta razón se han venido desarrollando tablas ó tarifas que sean aplicables a determinadas áreas y masas arbóreas específicas en cuanto a especies y ubicación geográfica.

El mismo autor, señala que en algunos predios de la Costa de Jalisco, se calcula el volumen con tablas generalizadas para especies tropicales, las cuales se clasifican en comunes y preciosas, esto con frecuencia genera volúmenes sesgados, debido a que cada especie tiene características diferentes, dichas tablas son conocidas como "tarifas" ya que se basan en la estimación del volumen relacionándolo únicamente con el diámetro a la altura del pecho (DAP).

### **2.4.3. Tipo de tablas**

De acuerdo con Romahn *et al.*, (1994) señala que existen tablas regionales, locales, estándar, gráficas, de una entrada, de dos entradas, tres entradas, tarifas, Comerciales y totales.

#### **2.4.3.1. Tablas de volumen de una entrada**

Brak y Wood (1988), Husch *et al.*, (1982) y Dauber (1997), describen que las tablas de volumen de una entrada las denominan como "tarifas", termino de origen árabe que significa información tabulada.

Caballero y Frola (1976) y Santillán (1986) citado por Armendáriz *et al.*, (2003) indican que las tablas de volumen llamadas "estandar" exponen el volumen en función de la altura total y el diámetro normal, y aclaran que otras más expeditas en su uso, hacen depender el volumen solamente del diámetro normal, y que estas son conocidas en México como tarifas de volumen y son empleadas para calcular volúmenes en el "marqueo" de los árboles a ser aprovechados en una intervención para la producción. Las tablas con base en una sola variable y que generalmente es el diámetro a la altura del pecho (DAP), estas tablas son útiles para inventarios rápidos de madera, debido a que las estimaciones de altura y forma no son requeridas y los árboles pueden ser medidos por especies y diámetros únicamente (Avery y Burkhart 1994).

Si se necesita un instrumento muy sencillo para calcular el volumen de cierto bosque puede basarse en funciones de solamente una entrada (normalmente el DAP). Las tablas así calculadas se llaman tarifas o tablas locales y son como dice su nombre de aplicación netamente local (Dauber, 1997).

Las tablas de volumen deben ser elaboradas para una especie o grupo de ellas que tengan hábitos de crecimiento similares y para lugares determinados. El lugar de aplicación de una tabla de volúmenes es, naturalmente, aquel de donde proceden los datos empleados para su generación; de acuerdo a la extensión geográfica la aplicación puede ser locales o regionales, por lo que siempre será importante identificar la extensión geográfica de aplicación (Avery y Burkhart, 1983 y Arman *et al.*, 1987 citados por Armendáriz *et al.*, 2003).

Al respecto González (2003), explican que en la práctica forestal es una necesidad primordial la elaboración de tablas y tarifas de volumen apropiadas para las especies de mayor importancia económica, y señalan que las tablas de volumen y producción empleadas actualmente en el sector forestal, no estiman en forma exacta el volumen y el crecimiento de un rodal por haber sido construidas para un grupo de especies y no a nivel especie y región determinada.

Brack y Wood (1998), describen que para la producción de madera, estimar el volumen es esencial, así como es importante también para determinar biomasa del bosque, las cantidades de almacenamiento de carbono, fuentes de combustible, etc. Asimismo el volumen se estima directa o indirectamente a partir de árboles individuales, siendo esto un aspecto importante de la medición forestal.

Dauber (1997), dice que el cálculo del volumen comercial de árboles en pie, es un requisito básico de toda actividad forestal. La práctica requiere de un instrumento fácil rápido y de exactitud suficiente para tal efecto. Además que los parámetros a medir deben ser de fácil levantamiento como diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura comercial. Para Cailliez (1980), el número mínimo de datos debe oscilar entre 50 a 100 árboles para una tabla de una entrada y entre 80 y 150 árboles para las tablas de dos entradas; algunas ecuaciones de volumen se han podido construir con una muestra de 100 ó menos árboles.

De acuerdo con Ramírez (2007), dependiendo de los parámetros que se incluyan en la elaboración de un tabla de volumen estas pueden ser de tres tipos; Tablas locales  $V= f(\text{DAP})$ , Tablas normales  $V= f(\text{DAP}, h)$  y Tablas generales  $V= f(\text{DAP}, h, d)$ . Para el primer caso la tabla posee una sola entrada. El DAP, lo que se supone una homogeneidad de la población en cuanto a su altura para cada clase diamétrica. Por ello su aplicación esta restringida a ciertas áreas definidas, con plantaciones comerciales de tratamiento silvícola similar; es decir son de uso local. Ejemplo de ecuaciones para tablas de volumen de una variable. a).  $V= a \cdot D^b$ , b).  $V= a + D^2$  y c).  $V= a + bD + c \cdot D^2$ .

#### 2.4.3.2. Tablas de volumen de dos entradas

Respecto a las tablas normales  $V = f(\text{DAP}, h)$  o tablas de doble entrada Ramírez (2007), menciona que estas se justifican cuando las longitudes de fustes de árboles considerados para la elaboración de una tabla de volumen, son variables en tal grado que no se admite su representación por un promedio para cada clase o valor. Por lo tanto el volumen deberá estar representado por dos parámetros: el DAP y la altura. Asimismo hace notar que estas tablas son aplicables a una diversidad de situaciones y extensiones, es decir, son de uso normal. Ejemplo de ecuaciones para tablas de volumen de dos entradas: a).  $V = a + b (D \cdot H)$ , b).  $V = a + b (D^2 \cdot H)$  y c).  $V = a \cdot D \cdot H$ .

En base a lo expuesto por Husch *et al.*, (1982) y Brak y Wood (1998), las variables lógicas independientes de una tabla de volumen de árboles de dos entradas son; diámetro a la altura del pecho (DAP) y Altura. Al respecto señalan que la tabla es compilada de información de árboles muestra.

Hernández *et al.*, (2001) en su trabajo de predicción de volúmenes, explican que, el modelo de la variable combinada fue el mejor para la predicción de los volúmenes del fuste, a partir del DN y la altura, para *Pinus michoacana* y *Pinus douglasiana*. Los valores del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) para ambos modelos explican el 97.58 y 98.38 %, respectivamente, de la varianza asociada a los valores predichos de los volúmenes de fuste en ambas especies y que además, los valores del cuadrado medio del error (CME) son aceptables dado que ambas regresiones fueron altamente significativas ( $p = 0001$ ) y quedando de la manera siguiente:

especie	Modelos	$R^2$	CME
<i>P. michoacana</i>	$\ln v = -9.487370 + 0.937570 \ln [(DN^2) \cdot (A)]$	0.98	0.023
<i>P. douglasiana</i>	$\ln v = -9.686737 + 0.959844 \ln [(DN^2) \cdot (A)]$	0.98	0.091

Donde:

V= volumen (m<sup>3</sup>)

ln= Logaritmo natural

DN<sup>2</sup> = Diámetro normal (m)

A= Altura total (m)

#### 2.4.3.3. Tablas de volumen de tres y cuatro entradas

Brak y Wood (1998), describen que las variables independientes adicionales son generalmente el ancho de la corteza y una expresión de forma del árbol para que sea afectiva, la variación en las variables debe ser correlacionada con la variación en volumen y el estimado del volumen del árbol individual puede o no ser mejor que el de una de dos entradas, sin embargo generalmente el estimado es mejor.

Las Tablas generales  $V= f (DAP,h,d)$ , según Ramírez (2007), estas se usan en inventarios nacionales europeos, con una variedad enorme de sitios y tratamientos silvícolas, y agrega que este tipo de tablas tienen como entrada el DAP, la altura total y un segundo diámetro más arriba, generalmente a 5 o 7 m de altura. Ejemplo de ecuaciones para tablas de volumen de tres entradas:

a).  $V= f(b * H * D)$  y b).  $V= f(D1:30* D1/2 * H)$ .

#### **2.4.4. Métodos para la elaboración de tablas de volumen**

Romahn *et al.*, (1994) y Brak y Wood (1998), asentaron que existen tres métodos para elaborar tablas de volumen los cuales son como sigue:

**2.4.4.1. Método gráfico.** Este método es el más antiguo y con la introducción de los sistemas de computo ha dejado de utilizarse, no obstante el método todavía es útil en la fase inicial de la compilación de la tabla, para establecer los tipos de relaciones a examinar por el análisis matemático.

**2.4.4.2. Método de tabulaciones.** Se refiere a una tabulación gráfica de las relaciones en que los ejes representan las variables y están separados por líneas curvas o rectas, los ejes no se interceptan, son comunes en la práctica en Estados Unidos de Norte América y Canadá.

**2.4.4.3. Método por análisis matemático (regresión).** Los procesos anteriores son laboriosos cuando se realizan de forma manual, si se hacen a través de sistemas computacionales el tiempo maquina utilizado es de consideración tanto más, cuanto mayor sea la cantidad de datos por procesar (Caballero y Frola (1976).

La forma más objetiva y exacta para elaborar tablas de volumen es utilizando el análisis de regresión entre la variable dependiente volumen y las variables independientes diámetro y altura (González, 2003).

La mayoría de profesionales forestales prefieren estimar el volumen, usando ecuaciones que no involucren mediciones de forma, esto debido a que las mediciones de la parte superior del fuste son costosas y se llevan más tiempo. La variación de la forma tiene mucho menor impacto en el volumen del árbol, y en algunas especies la forma es relativamente constante, en cuanto al tamaño del árbol (Brok y Wood 1988).

#### **2.4.5. Etapas para la elaboración de una tabla de volumen**

Velasco *et al.*, (2006) describen que en cuanto a las etapas fundamentales en la elaboración de las tablas de volumen son:

##### **2.4.5.1. Definición de la especie y área de estudio**

El mejor criterio para definir las especies forestales que deberán de ser evaluadas, es su importancia comercial en la región de interés, además la variación en cuanto a la forma de los fustes que presenten los árboles, obliga al ajuste de modelos para cada especie (Velasco *et al.*, 2006).

La definición del área de estudio es de gran importancia y requiere de especial atención, debido a que la aplicación espacial de las ecuaciones de volumen sólo es válida en el área geográfica donde los datos de campo son colectados (Velasco *et al.*, 2006). Los mismo autores aclaran que el uso de formulas para estimar la cantidad de madera fuera del ámbito geográfico recomendado, conduce a una sub o sobrestimación del volumen real, puesto que ejemplares de una misma especie se desarrollan en función de las condiciones ambientales del sitio.

#### **2.4.5.2. Determinación del número de árboles a medir**

Según Velasco *et al.*, (2006) los criterios que conducen a la obtención de una cantidad apropiada de árboles que deben medirse son los siguientes:

**2.4.5.2.1. La muestra debe ser representativa de la población.** Si el bosque presenta árboles jóvenes y maduros en diferentes calidades de estación, estas condiciones deben reflejarse en la muestra. Las calidades se clasifican de la siguiente forma: calidades de estación excelente deberá tener árboles  $\geq$  a 35 metros de altura, calidad de estación buena deberá tener árboles  $\geq$  a 25 y  $<$  a 35 metros de altura, en calidad de estación regular los árboles deben presentar  $\geq$  a 15 y  $<$  a 25 metros de altura y calidad de estación mala los árboles presentan alturas  $<$  a 15 metros de altura. Cuadro 2.1.

**2.4.5.2.2. La muestra debe ser distribuida en toda la población.** En la mayoría de los casos conviene usar un esquema de muestreo sistemático, con el fin de asegurar una buena dispersión de los individuos que serán evaluados y así garantizar la presencia de sitios con distinto potencial de crecimiento para los árboles.

**2.4.5.2.3. La muestra debe incluir árboles de todas las categorías diamétricas.** En los bosques donde se emplearan las tablas de volumen es probable que tengan árboles de distintos diámetros normales, los cuales pueden dividirse en clases o intervalos llamados categorías diamétricas, todas ellas deben de estar representadas en los árboles elegidos para ser medidos; de hecho, las más abundantes en la masa forestal serán también las de mayor frecuencia en la muestra. En las clases más frecuentes se deben de evaluar como mínimo 10 árboles.

**2.4.5.2.4. La muestra es función de la variabilidad.** El número necesario de árboles para elaborar una tabla de volumen confiable aumentará conforme varíen el diámetro y la altura. En términos generales, se recomienda medir al menos 215 árboles distribuidos en diferentes categorías diamétricas y calidades de estación.

En cuanto a el establecimiento de las categorías diamétricas, según Romahn *et al.*, (1994), describe que en nuestro país ha sido costumbre en el inventario nacional forestal y en varias empresas forestales, emplear amplitudes diamétricas de 5 cm. La base para definir las categorías es el diámetro a la altura del pecho (DAP).



### 2.4.5.3. Toma de datos de campo

De acuerdo con Velasco *et al.*, (2006) Las variables necesarias para la elaboración de una tabla de volumen son:

- + Volumen del fuste ( $m^3$ )
- + Diámetro normal (cm)
- + Altura (m).

En cuanto al volumen del fuste, la exactitud se garantiza al dividir el tronco en secciones o trozas de igual o diferente tamaño, las cuales pueden ser reales o imaginarias. Los diámetros extremos y la longitud de cada una de ellas son los datos básicos para conocer la cantidad de madera que contienen.

Por su parte Roamahn *et al.*, (1994) refiriéndose a la medición de árboles muestra, describen que debe hacerse en zonas de aprovechamiento ó áreas de corta, en donde se derriban los árboles muestra para medirlos y cubicarlos. Sin embargo cuando esto no es posible hacerlo de esta manera, la otra alternativa es medir los árboles en pie y que, en este caso no es necesario estar en un área de corta, debido a que no será necesario derribar los árboles. Asimismo Velasco *et al.*, (2006) mencionan que el acopio de la información se realiza de dos maneras complementarias:

**2.4.5.3.1. Medición directa.** Los diámetros y longitudes de las trozas se obtienen de individuos derribados. Este método es sencillo y conduce a resultados exactos, pero tiene la desventaja de demandar mucho tiempo y esfuerzo, además solo se puede hacer en predios sujetos a aprovechamiento forestal. El proceso consiste en los pasos siguientes; Primeramente se mide el diámetro normal del árbol en pie, posteriormente se derriba el árbol, enseguida con el apoyo de un flexometro se determinan el número de trozas y los diámetros de los extremos de cada una de ellas se miden con forcípula o cinta diamétrica.

Romahn *et al.*, (1994) mencionan que todavía hasta hace algunos años, la única alternativa en mediciones de campo para la elaboración de tablas de volumen consistía en derribar y trocear los árboles muestra para tomar las mediciones requeridas, siguiendo la secuencia siguiente; Selección y marque de árboles que serán utilizados como muestra, derribo de los árboles muestra, medición del diámetro a la altura del pecho (DAP), medición de diámetros mayores y menores de las trozas, medición de altura y fuste limpio y registro de datos de árboles muestra.

**2.4.5.3.2. Medición indirecta.** El fuste en pie se divide en trozas mediante un aparato óptico denominado "Tele-relascopio", ubicado a una distancia similar a la altura del árbol. Los dos extremos de las secciones se evalúan para calcular posteriormente sus diámetros y longitudes. La ventaja del método es que es la rapidez con que se obtienen los datos de campo y que no se tiene que derribar el árbol.

Para la medición de árboles en pie Romahn *et al.*, (1994) describen los pasos a seguir los cuales son de la siguiente manera; selección y ubicación del árbol que será utilizado como muestra, colocación de las herramientas de medición, medición del árbol muestra y registro de datos.

#### 2.4.5.4. Cubicación de árboles muestra con derribo

Conforme a Velasco *et al.*, (2006) una vez que los diámetros y las longitudes de las trozas se han obtenido, el siguiente paso es cubicarlas o calcular su volumen mediante la formula de Smalian cuya expresión matemática es la siguiente:

$$VTR_i = \frac{L_i (S_{i0} + S_{i1})}{2}$$

Donde:

VTR<sub>i</sub> = Volumen de la i-ésima troza (m<sup>3</sup>)

L<sub>i</sub> = Longitud de la i-ésima troza (m)

$$S_{i0} = \frac{\pi D_{i0}^2}{4} : \text{área mayor de la i-ésima troza (m}^2\text{)}$$

$$S_{i1} = \frac{\pi D_{i1}^2}{4} : \text{área menor de la i-ésima troza (m}^2\text{)}$$

D<sub>i0</sub> = Diámetro mayor de la i-ésima troza (m)

D<sub>i1</sub> = Diámetro menor de la i-ésima troza (m)

El volumen del tocón se estima con la formula del cilindro:

$$VTO = 0.30 * \frac{\pi D^2 i_0}{4}$$

Donde: VTO = Volumen del tocón (m<sup>3</sup>)

D<sub>i0</sub> = Diámetro mayor de la primera troza (m), que corresponde al diámetro superior del tocón. Por lo tanto, el volumen fustal es la suma de los volúmenes de las trozas que lo integran más el correspondiente al tocón. Por su parte González (2003), describe que para cubicar trozas de los árboles muestra, se emplean las siguientes formulas: Smalian (para las trozas), Huber (para el tocón) y la del Cono (para las puntas), como se puede ver en el Cuadro 2.2. Por otro lado también se cuenta con la formula para calcular la superficie transversal de un fuste (S), para esto se tienen dos formulas; con diámetro y con el radio, como se puede observar en el Cuadro 2.3.

Brack (1999) citado por el González (2003), menciona que las partes del fuste de un árbol tiende a aproximarse a partes truncadas de las siguientes formas geométricas, el tocón o base del árbol tiende a ser un neiloide, mientras que la punta tiende a ser un conoide y la parte principal del fuste tiende a ser un paraboloide. Sin embargo los puntos de inflexión de entre estas formas no son constantes.

### **Ecuaciones de conicidad o ahusamiento**

Se define como: el grado de disminución alcanzado por los diámetros del árbol a medida que se incrementa su altura desde el piso. Dependiendo de las formas asociadas y ya esbozadas anteriormente, siempre se podrá hablar de conicidades altas, medias y bajas ( Figura 2.1).

#### **2.4.5.5. Cubicación de árboles medidos sin derribo**

Según Velasco *et al.*, (2006) las trozas generadas con el tele-relascopio también se cubican con la fórmula Smalian, excepto la punta, cuyo volumen se obtiene con la fórmula del paraboloide apolónico, es decir,

$$VPU = \frac{L \cdot S_0}{2}$$

Donde:

VPU: Volumen de la punta del fuste (m<sup>3</sup>)

L : Longitud de la punta del fuste (m)

S<sub>0</sub> : Área de la base de la punta del fuste (m<sup>2</sup>)

Por lo tanto, el volumen fustal de los árboles medidos en pie, se calcula con la siguiente expresión:

$$VFU = \sum_{i=1}^{t-1} VTRI + VPU + VTO$$

Donde:

VFU= Volumen fustal (m<sup>3</sup>)

VTRI= Volumen de la i-ésima troza (m<sup>3</sup>), excepto la punta

VPU= Volumen de la punta del fuste (m<sup>3</sup>)

t = Número de trozas del fuste

VTO= Volumen del tocón (m<sup>3</sup>).

#### **2.4.5.6. Obtención de la ecuación y tabla de volumen**

De acuerdo con Velasco *et al.*, (2006) con la información de campo proveniente de ambos métodos se genera una base de datos en la cual las columnas serán el número de árbol, el diámetro normal, la altura total y el volumen, y los registros correspondientes a los diferentes árboles medidos.

Los mismos autores señalaron que una tabla de volumen se obtiene a partir de una ecuación de volumen, la cual considera en un modelo de regresión, cuyos parámetros se estiman por el método de mínimos cuadrados. Para este propósito, el volumen fustal es la variable dependiente, mientras que el diámetro normal y la altura las independientes.

#### 2.4.5.7. Análisis de datos

Velasco *et al.*, (2006) indicaron que aún cuando existen varias ecuaciones de volumen que se ajustan a los datos de campo, la ecuación logarítmica de la variable combinada es la preferida en el ámbito forestal, puesto que además de tener propiedades deseables desde el punto de vista estadístico, los parámetros se estiman mediante regresión lineal simple.

El modelo de la variable combinada es:  $VFU = [D^2A]^b e^\varepsilon$

O bien, transformando mediante el logaritmo natural:  $\text{Log VFU} = \log a + \log (D^2A) + \varepsilon$

Donde:

VFU: Volumen fustal

a y b: Parámetros

D: Diámetro normal (m)

A: Altura del fuste (m)

$\varepsilon$  : Error aleatoria

log: Logaritmo natural

que como modelo de regresión lineal es:  $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$

Donde:

$Y = \log VFU$

$\beta_0 = \log a$

$\beta_1 = b$

$X = \log (D^2A)$

En este modelo se supone que los errores: no están correlacionados, Tiene media cero y varianza constante y Presentan distribución Normal

La estimación de los parámetros, la evaluación del grado de significancia, el análisis sobre la bondad de ajuste del modelo y la verificación de los supuestos, demanda gran cantidad de trabajo, por lo que se requiere de un programa de computo con análisis de regresión. Se recomienda usar el Statistical Analysis System (SAS). Aunque también puede usarse la hoja de cálculo de Excel u otros programas afines para estos casos.

## **2.5. MATERIALES Y METODOS**

### **2.5.1. Ubicación del área de estudio**

El trabajo se realizó en los módulos experimentales de plantaciones forestales de los Campos y Sitios experimentales del CIRPAC-INIFAP, distribuyéndose de la siguiente manera:

Sitio experimental Costa de Jalisco, que se localiza en el municipio de La Huerta, se localiza en el Km. 204 de la carretera Guadalajara – Barra de Navidad en los 19° 31' 15" latitud norte y 104° 32' 00" longitud oeste, a una altitud de 298 msnm. El clima de la región clasificado por Koppen modificado por García (1988), como Aw1 con lluvias en verano. con precipitación media anual de 1100 mm. Temperaturas medias máximas de 34°C y medias mínimas de 12 °C, por lo que se considera un clima cálido subhúmedo. El tipo de suelo es Feozem Haplicos, con un pH de 6.7 (Benavidez, 2007).

Sitio experimental El Verdineño, que se localiza en el Ejido "Sauta", en el Km. 7.5 de la carretera Sauta-Navarrete, municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit, en las coordenadas 21° 33' Latitud Norte y 105° 11' Longitud Oeste. El clima del lugar es tropical subhúmedo (Aw2) con una precipitación anual de 1,200 mm y una temperatura media anual de 24 °C, predominan los suelos franco-arcillosos, la altura es de 50 msnm y el tipo de vegetación natural más común en la zona es Selva Mediana Sub caducifolia (Miranda y Hernández, 1963).

Campo experimental Santiago Ixcuintla, que se localiza en la cabecera municipal de Santiago Ixcuintla en las coordenadas 21° 42' de Latitud Norte, 105° 07' de Longitud, con una altitud de 60 msnm, clima cálido, con una precipitación de 1200 mm. suelo franco arenoso y una temperatura media máxima de 24 °C y una Temperatura media mínima de 12° C. Este campo Experimental cuenta con una unidad experimental.

Campo experimental de Tecoman, ubicado en el municipio de Tecoman, Colima, en el Km. 35 de la carretera Colima-Manzanillo, en una Latitud de 18° 55' y una Longitud de 103° 53', la altitud es de 40 msnm. El clima corresponde al de un trópico seco con una temperatura media anual de 26° C, la temperatura promedio máxima es de 36° C y la mínima promedio de 20° C. La humedad relativa es del 81% y la mínima de 50 %. La precipitación media anual es de 690 mm, el periodo de lluvias comprende de junio a octubre, septiembre es el mes más lluvioso con 145 mm, seguido de agosto y julio El suelo del campo experimental corresponde a un franco en los primeros 30 cm. de profundidad y un migajón-arcilloso de los 30 a 50 cm. El pH tiene valores entre 7.8 y 8. El porcentaje de materia orgánica va de 2.6 a 1.2 (Villa *et al.*, 1996).

### **2.5.2. Proceso metodológico**

El trabajo se dividió en dos etapas; trabajo de campo y actividades realizadas en gabinete.

### **2.5.2.1. Toma de datos de campo**

Las actividades consistieron en la obtención de datos de árboles en pie y sin derribo, en los módulos experimentales de Tecomán, Colima, La huerta Jalisco, Santiago Ixcuintla y Verdineño, Nay. en las especies *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla*, *Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, *Tabebuia rosea*, y *Roseodendron donnell Smithii*.

De cada uno de los árboles muestra y por medio de un tele-reloscopio<sup>1</sup>; se pueden obtener la siguiente información: altura total, diámetro normal y pares de observaciones diámetro-altura, a diferentes alturas del fuste, con las que se simulaban trozas. Se midieron 32 árboles por especie y por campo experimental, tratando de tener individuos representativos de todas las condiciones y características dasométricas (buenos, medianos y malos).

Por lo anterior y dado que el muestreo estratificado es una técnica mediante la cual se subdivide a la población de interés en subpoblaciones o subgrupos independientes de tamaño conocido (estratos), los cuales deben de ser homogéneos dentro de sí y heterogéneos entre sí. Este muestreo permite tener mayor conocimiento de los estratos, dando un manejo a cada una como una población; además incrementa la precisión de los estimadores de las características de toda la población, ya que el tener estratos homogéneos permite obtener estimadores muy precisos (Rodríguez, 1998).

#### **2.5.2.1.1. Formato para el registro de datos**

Para la toma de datos de campo, fue necesario elaborar un formato a fin de registrar la información de cada uno de los árboles que fueron seleccionados para realizar el estudio, Dicho formato se puede observar en el Apéndice 2.1.

#### **2.5.2.2. Procesamiento y determinación del volumen**

En gabinete se creó una base de datos con la información recabada en campo, y se procedió a obtener el volumen, empleando para ello las fórmulas Smalian para las trozas y paraboloidal para las puntas y tocón. La primera fórmula se aplicó para las trozas imaginadas con el tele-reloscopio y la segunda para la punta. Esta etapa se realizó haciendo uso de la hoja de cálculo de Excel para cada árbol. Con el volumen, la altura total y el diámetro normal de cada árbol, se hicieron matrices de regresión  $A_{n \times 3}$  o sea  $n$  observaciones con 3 variables cada una.

#### **2.5.2.3. Análisis de información y ajuste de modelos**

En el análisis de la información se utilizó el paquete de cómputo SAS (Statistical Analysis System), aplicando el procedimiento para regresión PROC GLM para modelos exponenciales linealizados.

---

<sup>1</sup>Aparato para medir diámetro y altura de árboles en pie.

El ajuste de los modelos se realizó mediante la técnica de regresión, por mínimos cuadrados ordinarios para modelos lineales. La fase de elección de modelos fue la más importante en este trabajo, se consideraron los siguientes criterios: a)  $R^2$  alto (cerca de 1), b)  $s^2 = \sigma^2$  Cuadrado medio del error bajo, c) Coeficientes de regresión significativos (diferentes de cero), d) Dispersión de los residuales sin ninguna tendencia no aleatoria (que fluctúen al rededor de cero) y e) Consideraciones particulares (interpretación biológica).

Como resultado de la experiencia de múltiples investigadores extranjeros se han obtenido los modelos más importantes para la estimación de los volúmenes de árboles forestales (Romahn *et al.*, 1994). Los modelos probados fueron:

Modelo de Schumacher. 
$$V = \beta_1 D^{\beta_2} A^{\beta_3} + E$$

Modelo de la variable combinada. 
$$V = \beta_1 (D^2 A)^{\beta_2} + E$$

Modelo de Korsun 
$$V = \beta_1 (D + 1)^{\beta_2} A^{\beta_3} + E$$

Modelo Thornber 
$$V = \beta_1 (A/D)^{\beta_2} D^2 A$$

Donde:

V = volumen.

D = diámetro normal.

A = altura total.

$\beta_1 \beta_2 \beta_3$  = parámetros de regresión a ser ajustados.

E = error.

Nota: los citados modelos fueron linearizados por logaritmos.

## 2.6. RESULTADOS Y DISCUSION

### 2.6.1. Elección del modelo

El modelo empleado para la elaboración de las tablas de volúmenes de las especies *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla*, *Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, *Tabebuia rosea*, y *Roseodendron donnell Smithii* fue el de la variable combinada, debido a que presentó un ajuste aceptable de los estadísticos comparados con los modelos de Schumacher, Korsun y Thomber.

Además como señalan Velasco *et al.*, (2006) este modelo independientemente de tener propiedades deseables desde el punto de vista estadístico, los parámetros se estiman mediante regresión lineal simple, por lo que lo hacen ser una herramienta de gran utilidad y de relativa fácil manipulación para la elaboración de tablas de volumen.

El modelo de la variable combinada es como sigue:  $V = \beta_1 (D^2 A)^{\beta_2} + E$

$\log V = \log \beta_1 + \beta_2 \log (D^2 A) + E$

Donde:

V = volumen en m<sup>3</sup>

D = diámetro normal en m (1.30 m)

A = altura total en m

$\beta_1 \beta_2$  = parámetros de regresión a ser ajustados.

E = error experimental

En el Cuadro 2.4 se describen los valores de los estadísticos principales del análisis de varianza del modelo Variable combinada exponencial que se realizaron para la especie de la *Swietenia macrophylla* (caoba) para cada uno de los estados; Colima, Jalisco y Nayarit.

El Cuadro (2.4), muestra que el modelo de la variable combinada presentó coeficientes de determinación ( $R^2$ ) que van desde 0.87 a 0.96, CME 0.01482 A 0.02868 como una expresión de la varianza y con un valor de F alto lo cual indica diferencia altamente significativa entre los parámetros del modelo. Estos valores son muy aceptables ya que de acuerdo con Velasco *et al.*, (2006) se cumple con los criterios para la determinación del modelo con mejor ajuste y que consisten en los siguiente: que el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) sea cercano a 1, que el cuadrado del error (CME) sea bajo, que los coeficientes de regresión sean significativos (valor de  $p < 0.05$ ) y que el modelo sea sencillo, es decir que el número de variables independientes sea reducido.

Las ecuaciones generadas para la elaboración de las tablas de volúmenes para *Swietenia macrophylla* (caoba) en los municipios de Tecoman, Colima; La Huerta, Jalisco y dos sitios del Municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit (Santiago Ixcuintla y El Verdineño) fueron las siguientes:

$V = 0.319658 (D^2 A)^{1.000598}$ ,  $V = 0.267181 (D^2 A)^{0.908995}$ ,  $V = 0.287598 (D^2 A)^{0.888335}$   
y  $V = 0.257832 (D^2 A)^{0.867293}$  respectivamente (Cuadro 2.5).

Como puede observarse en el texto y en el Cuadro (2.5), las ecuaciones resultantes para la elaboración de las tablas de volúmenes de *Swietenia macrophylla* (Caoba), difieren de acuerdo al sitio o zona de que se trate, lo anterior pone de manifiesto que no obstante de tratarse de una misma especie, los resultados muestran que no sería recomendable calcular el volumen de la especie en forma general, esto tendría que ser de manera muy particular o sea como se muestra en este cuadro.



Lo anterior coincide con lo señalado por Avery y Burkhart, 1983 y Arman *et al.*, (1987) citados por Armendáriz *et al.*, (2003) en cuanto a que las tablas de volumen deben ser elaboradas para una especie o grupo de ellas que tengan hábitos de crecimiento similares y para lugares determinados. El lugar de aplicación de una tabla de volúmenes es, naturalmente, aquel de donde proceden los datos empleados para su generación; de acuerdo a la extensión geográfica la aplicación puede ser locales o regionales, por lo que siempre será importante identificar la extensión geográfica de aplicación.

Al respecto Jiménez (1993) citado por González (2003), explica que en la práctica forestal es una necesidad primordial la elaboración de tablas de volumen apropiadas para las especies de mayor importancia económica, y señalan que las tablas de volumen empleadas actualmente en el sector forestal, no estiman en forma exacta el volumen y el crecimiento de un rodal por haber sido construidas para un grupo de especies y no a nivel de especie y región determinada. Los análisis de varianza del modelo de variable combinada exponencial de *Swietenia macrophylla*, para los estados de Colima, Jalisco y Nayarit se describen en los Apéndices (2.2), (2.3), (2.4) y (2.5) respectivamente.

Continuando con el orden de la secuencia y con base al Cuadro 2.6, para la especie *Cedrela odorata* el modelo de la variable combinada presentó coeficientes de determinación ( $R^2$ ) que van de 0.82 a 0.95, CME de 0.01143 a 0.03603 como una expresión de la varianza y con un valor de F alto lo cual indica diferencia altamente significativa entre los parámetros del modelo. Por lo tanto, los valores son aceptables ya que de acuerdo con Velasco *et al.*, (2006) se cumple con los criterios para la determinación del modelo con mejor ajuste como se mencionó en el punto anterior.

Las ecuaciones generadas para la elaboración de las tablas de volúmenes para la especie de *Cedrela odorata* (Cedro rojo) en los municipios de Tecoman, Colima; La Huerta, Jalisco y dos sitios del Municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit fue, como se muestra en el Cuadro 2.7. quedando de la manera siguiente: Tecoman, Colima  $V = 0.284522 (D^2A)^{0.871102}$ , La Huerta Jalisco  $V = 0.25175 (D^2A)^{0.793394}$ , Santiago Ixcuintla, Nayarit  $V = 0.294151 (D^2A)^{0.913346}$  y El Verdineño, Nayarit  $V = 0.237183 (D^2A)^{0.759155}$ .

De manera similar a *Swietenia macrophylla* (Caoba), los valores de las ecuaciones para el cálculo de volúmenes de la especie *Cedrela odorata* (Cedro rojo), difieren entre sí, dependiendo de la zona o sitio de que se trate, sin embargo existe una menor diferencia entre estas, sobre todo en los valores de los parámetros o coeficientes de correlación y de los exponentes, con relación a las ecuaciones de *Swietenia macrophylla*. Los análisis de varianza del modelo de variable combinada exponencial de *Cedrela odorata* (Cedro rojo), para los estados de Colima, Jalisco y Nayarit se presentan en los Apéndices (2.6), (2.7), (2.8) y (2.9) respectivamente.

En base al orden y secuencia, en el Cuadro 2.8 se describen los estadísticos del modelo de la variable combinada que resultaron del análisis de varianza, para la especie *Roseodendron donnell Smithii* para Tecoman, Colima y La Huerta, Jalisco, cuyos valores para los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) son de 0.95 y 0.96, con CME de 0.01267 a 0.01182 como una expresión de la varianza y con un valor de F alto ( 600.938 y 571.000) lo cual indica diferencia altamente significativa entre los parámetros del modelo. Por lo tanto los valores son aceptables ya que de acuerdo con Velasco *et al.*, (2006) se cumple con los criterios para la determinación del modelo con mejor ajuste como se mencionó en los anteriores casos.

Las ecuaciones generadas para la elaboración de las tablas de volúmenes de *Roseodendron donnell Smithii* (Primavera) en los municipios de Tecoman, Colima y La Huerta, Jalisco resultaron como se muestra en el Cuadro 2.9. En este caso es importante señalar, que aunque también se cuenta con árboles de esta especie en el Sitio Experimental el Verdineño, estos no presentaron el número necesario para la toma de muestra, así como las características de crecimiento y desarrollo de la especie no fue muy satisfactorio, por lo que se decidió no tomar información de esta especie para el sitio, por consecuencia se considera que esta especie presenta serías limitantes para su establecimiento y desarrollo, bajo las condiciones edáficas y climáticas de este Sitio Experimental el Verdineño.

No obstante lo anterior es recomendable seguir evaluando la especie en la zona y dar continuidad a un buen plan de manejo, ya que es probable que dicha problemática presentada por esta especie, se deba a falta de un buen plan de manejo y así lograr que la especie muestre su real potencial. Sin embargo esto tendría que ser en un nueva plantación, ya que en la actual esto no sería recomendable.

Los valores de las ecuaciones para el calculo de volúmenes de la especie difieren entre si, sin embargo la diferencia no es tan marcada como en otros casos, sobre todo en lo que se refiere a los valores de los exponentes de la ecuación, quedando como sigue (Cuadro 2.9): Tecoman, Colima  $V = 0.351833 (D^2A)^{0.895067}$  y para la Huerta, Jalisco  $V = 0.297458 (D^2A)^{0.914053}$ . Los análisis de varianza del modelo de variable combinada exponencial de *Roseodendron donnell .Smithii* (Primavera), para los estados de Colima y Jalisco se presentan en los Apéndices (2.10) y (2.11) respectivamente.

Siguiendo con el orden y en base al Cuadro 2.10, se describen los estadísticos del modelo de la variable combinada que resultaron del análisis de varianza, para la especie *Tabebuia rosea* para los municipio de Tecoman, Colima, La Huerta, Jalisco, Santiago Ixcuintla y Verdineño Santiago Ixcuintla, Nayarit.

En este Cuadro 2.10 se tienen valores para los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de 0.86 y 0.96 con CME de 0.00930 a 0.02482 como una expresión de la varianza y un valor de F alto (179.315 a 696.545) lo cual indica diferencia altamente significativa entre los parámetros del modelo.

Por lo tanto los valores son aceptables ya que de acuerdo con Velasco *et al.*, (2006) se cumple con los criterios para la determinación del modelo con mejor ajuste como se mencionó en los otros casos anteriores. Como se muestra en el Cuadro 2.11 las ecuaciones que se lograron obtener para el cálculo de los volúmenes de la especie *Tabebuia rosea* fueron como sigue: en Tecoman, Colima  $V = 0.278418 (D^2A)^{0.872990}$ , La Huerta, Jalisco  $V = 0.317354 (D^2A)^{0.974579}$ , Santiago Ixcuintla, Nayarit  $V = 0.294097 (D^2A)^{0.893015}$  y Verdineño del estado de Nayarit  $V = 0.316232 (D^2A)^{0.912169}$ .

En el Cuadro 2.11, se aprecia que no obstante que existen diferencias entre cada una de las ecuaciones obtenidas para el cálculo de volúmenes de *Tabebuia rosea* dependiendo del sitio, la diferencia no es muy grande, sobre todo entre las ecuaciones que corresponden al Sitio el Verdineño del municipio de Santiago Ixcuintla y el sitio denominado La Huerta, Jalisco, ya que los valores de los parámetros y los exponentes son muy similares. Así mismo también existe una gran similitud entre las ecuaciones del Sitio Santiago Ixcuintla cuyo municipio es del mismo nombre del estado de Nayarit y el Sitio denominado Tecoman, Colima.

Es muy común que existan diferencias entre los valores de las ecuaciones, independientemente de que se trate de una misma especie, pero que se ubiquen en sitios diferentes, porque de acuerdo con Avery y Burkhart, 1983 y Arman *et al.*, (1987) citados por Armendáriz *et al.*, (2003) las tablas de volumen deben ser elaboradas para una especie o grupo de ellas que tengan hábitos de crecimiento similares y para lugares determinados.

Además señalan que el lugar de aplicación de una tabla de volúmenes es, naturalmente, aquel de donde proceden los datos empleados para su generación, lo que significa una tabla de volumen solamente deberá ser aplicada para los sitios o Zonas en donde fueron elaboradas. Los análisis de varianza del modelo de variable combinada exponencial de *Tabebuia rosea* (Rosa morada), para los estados de Colima, Jalisco y Nayarit se presentan en los Apéndices (2.12), (2.13), (2.14) y (2.15) respectivamente.

Con base a la secuencia y de acuerdo con el Cuadro 2.12, el modelo de la variable combinada para *Tectona grandis*, se tienen valores de 0.78 y 0.92 para  $R^2$ , CME de 0.01545 y 0.04413 como una expresión de la varianza, asimismo presenta un valor de F de 645.607 el cual es considerado alto, lo que significa que existe diferencias altamente significativas entre los parámetros del modelo.

Las ecuaciones que se lograron obtener para el cálculo de los volúmenes de la especie *Tectona grandis* para La Huerta, Jalisco resultó ser la siguiente,  $V = 0.303334 (D^2A)^{0.932398}$  y para el y El Verdineño Santiago Ixcuintla, Nayarit, fue  $V = 0.371207 (D^2A)^{1.020952}$  como se muestran en el Cuadro 2.13. En relación a esta última (Cuadro 2.13), es importante señalar que aunque son ecuaciones diferentes, existe cierta similitud en cuanto a los parámetros y exponentes de dichas ecuaciones.

Para este caso solamente se tienen plantaciones establecidas en dos sitios diferentes; La Huerta, Jalisco y El Verdineño municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit. En este último sitio el comportamiento de la especie es considerado excelente, sin embargo muchos de los árboles muestra presentaron puntas fraccionadas incluso en muchos de los caso con ausencia de estas, debido a los efectos de ciclones que se suelen presentar en la zona, no obstante se aplicaron algunos métodos que permiten calcular la proyección de alturas y volumen para estos casos. Los análisis de varianza del modelo de variable combinada exponencial de *Tectona grandis* (Teca), para los estados de Jalisco Nayarit se presentan en los Apéndices (2.16) y (2.17) respectivamente.

Por ultimo y de acuerdo con el Cuadro 2.14 para la especie *Gmelina arborea*, el modelo de la variable combinada, muestra valores de 0.89 para  $R^2$ , CME de 0.80675 como una expresión de la varianza. Asimismo presenta un valor de F de 232.397 el cual es considerado alto, lo que significa que existe diferencias altamente significativas entre los parámetros del modelo.

La ecuación resultante para elaborar tablas de volúmenes de *Gmelina arborea* fue  $V = 0.281034 (D^2A)^{1.04233}$  para la Huerta Jalisco, debido a que esta especie solamente se tiene establecida en el Sitio Experimental Costa de Jalisco localizado en el municipio de La Huerta, Jalisco. Aunque se trata de una especie introducida al igual que la Teca, ambas presentan una excelente adaptación y los mejores incrementos en diámetros y alturas, superando en gran medida a las especies nativas como el Cedro rojo, primavera, parota, caoba y rosa morada. El análisis de varianza del modelo de variable combinada exponencial para *Gmelina arborea* (Melina), para el estado de Jalisco se presenta en el Apéndice (2.18).

### 2.6.2. Generación de tablas de volúmenes

Definidas las ecuaciones para cada una de las especie en estudio, se procedió a elaborar las tablas de volúmenes, en cuyo procedimiento se hizo variar las categorías diamétricas y las altura de interés, para este proceso se empleó la hoja de calculo del programa Excel 2003, habiéndose generado las siguientes tablas: Cuadro 2.16. Tabla de volumen fustal ( $m^3$  Rcc) para *Swietenia macrophylla* en Tecoman, Colima; Cuadro 2.17. Tabla de volumen fustal ( $m^3$  Rcc) para *Swietenia macrophylla* en La Huerta, Jalisco. Cuadro 2.18. Tabla de volumen fustal ( $m^3$  Rcc) para *Swietenia macrophylla* en Santiago Ixcuintla, Nayarit. Cuadro 2.19. Tabla de volumen fustal ( $m^3$  Rcc) para *Swietenia macrophylla* en El Verdineño Santiago Ixcuintla, Nayarit.

Cuadro 2.20. Tabla de volumen fustal ( $m^3$  Rcc) para *Cedrela odorata* en Tecoman, Colima. Cuadro 2.21. Tabla de volumen fustal ( $m^3$  Rcc) para *cedrela odorata* en La Huerta, Jalisco. Cuadro 2.22. Tabla de volumen fustal ( $m^3$  Rcc) para *Cedrela odorata* en Santiago Ixcuintla, Nayarit. Cuadro 2.23. Tabla de volumen fustal ( $m^3$  Rcc) para *Cedrela odorata* en El Verdineño Santiago Ixcuintla, Nayarit. Cuadro 2.24. Tabla de volumen fustal ( $m^3$  Rcc) para *Gmelina arborea* en La Huerta, Jalisco. Cuadro 2.25. Tabla de volumen fustal ( $m^3$  Rcc) para *Roseodendron donnell Smithii* en Tecoman, Colima. Cuadro 2.26.

Tabla de volumen fustal ( $m^3$  Rcc) para *Roseodendron donnell Smithii* en La Huerta, Jalisco. Cuadro 2.27. Tabla de volumen fustal ( $m^3$  Rcc) para *Tabebuia rosea* en Tecoman, Colima. Cuadro 2.28. Tabla de volumen fustal ( $m^3$  Rcc) para *Tabebuia rosea* en La Huerta, Jalisco. Cuadro 2.29. Tabla de volumen fustal ( $m^3$  Rcc) para *Tabebuia rosea* en Santiago Ixcuintla, Nayarit. Cuadro 2.30. Tabla de volumen fustal ( $m^3$  Rcc) para *Tabebuia rosea* en El Verdineño, Nayarit. Cuadro 2.31. Tabla de volumen fustal ( $m^3$  Rcc) para *Tectona grandis* en La Huerta, Jalisco. Cuadro 2.32. Tabla de volumen fustal ( $m^3$  Rcc) para *Tectona grandis* en El Verdineño Santiago Ixcuintla, Nayarit.

## 2.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El modelo de la variable combinada, resultó con el ajuste apropiado para la elaboración de las tablas de volúmenes, para las especies *Tectona grandis* y *Gmelina arborea* como especies introducidas, así como también para las especies nativas *Tabebuia rosea*, *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata* y *Roseodendron donnell Smithii*, independientemente en donde se localicen estas.

Se elaboraron 17 tablas de volúmenes de las cuales 4 correspondieron a la especie *Swietenia macrophylla*, 4 para *Cedrela odorata*, 4 *Tabebuia rosea*, 2 *Roseodendron donnell Smithii*, 2 para *Tectona grandis* y 1 para *Gmelina arborea*.

De acuerdo a la hipótesis planteada en este trabajo y con fundamentos en los resultados obtenidos en el mismo, se acepta la hipótesis del que el volumen de fuste sin derribo de una misma especie difiere dependiendo de las características agro ecológicas en donde se desarrollen (Jalisco, Nayarit y Colima).

El método de medición de arbolado sin derribo, utilizando el tele-reloscopio de Bitterlich se considera de confiabilidad aceptable en los cálculos del volumen aprovechable de las especies en estudio, además que evita de manera importante el tener que hacer derribos de arbolado ex profeso. Sin embargo algunos autores como González (2003), recomiendan que este método sea aplicado en la época cuando los árboles presentan menos follaje, de tal forma que se facilite la visualización del fuste, con el propósito hacer mediciones con mejores resultados.

Es recomendable se hagan validaciones de las tablas de volúmenes de cada una de las especies en estudio sobre todo en áreas o sitios con características similares, con el fin de evaluar las posibilidades de que estas sean aplicadas en una mayor área de influencia.

El aporte del presente trabajo son la elaboración de estas tablas de volumen a nivel de especie, en diferentes zonas contribuye de manera importante, al manejo sustentable de los recursos naturales, ya que son una herramienta útil en la estimación del volumen aprovechable para los municipios de Santiago Ixcuintla, Nayarit, Tecoman, Colima y La Huerta, Jalisco.

Es importante incrementar el número de tablas de volumen sobre todo de especies, de que no fueron consideradas en este trabajo con el propósito de aumentar la cobertura geográfica de nuestro país.

## 2.8. LITERATURA CONSULTADA

1. Alder, D. (1980). Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. Vol.2. predicción del rendimiento. Estudio FAO: Montes 22/2. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. 199 pp.
2. Armendáriz, O. R.; Quiñones Ch., A.; Cano R., M.; Juárez T., P.; Rubio A., H. O. y Rentarías A., J. 2003. Tablas de volúmenes para *Pinus herrerae* y *Pinus durangensis* en el Ejido Monterde, municipio de Guazapares, Chih. Folleto Técnico No. 21 INIFAP. Chihuahua. 20 p.
3. Avery, T., E. 1969. Forest measurements. Mc Graw-Hill Book Co. U.S.A. 290 P.
4. Avery, T. E.; Burkhardt, H. E. 1994. Forest measurement. 4<sup>ta</sup> Edición. Editorial Mc Graw Hill. USA. 408 P.
5. Benavidez, U. G. 2007. Crecimiento en altura y diámetro de seis especies tropicales en una plantación experimental, en La Huerta, Jalisco. Tesis de Licenciatura. Centro Universitario de la Costa Sur. División de Desarrollo Regional. Universidad de Guadalajara. Autlán de Navarro Jalisco. 61 p.
6. Bitterlich, W. (1984). "The Relascope Idea: Relative Measurements in Forestry". Commonwealth Agricultural Bureaux. 242 pp. Farnham Royal (England).
7. Box E. P., Hunter, W. G. and Hunter, J. S. 1989. Estadística para investigadores. Introducción al diseño de experimentos, análisis de datos y construcción de modelos. Barcelona. Ed. Reverté, S.A.
8. Brack, C.; Wood, G. 1998. (<http://sres.anu.edu.au/associated/mensuration/>, Consultado Agosto del 2007).
9. Caballero, D. M. 1970. Empleo de coeficientes mórnicos en la elaboración de tablas de volúmenes de cedro rojo. Bol. Divulgativo 26-B. Ciudad de México, México: Secretaría de Agricultura y Ganadería, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. 27 p.
10. Caballero D., M. 1972. Tablas y tarifas de volúmenes: análisis de algunas de las metodologías existentes y su aplicación a las condiciones de los bosques mexicanos. Nota Inventario Nacional Forestal No. 7. Subsecretaría Forestal y de la Fauna, SAG. México. 55 p.
11. Caballero D., M. y Frola P., S. 1976. Análisis de un caso práctico relativo a la elaboración de tablas de volumen de aplicación directa a rodales. Pub. No. 35. Dirección General del Inventario Nacional Forestal, SFF SAG. 35 P.

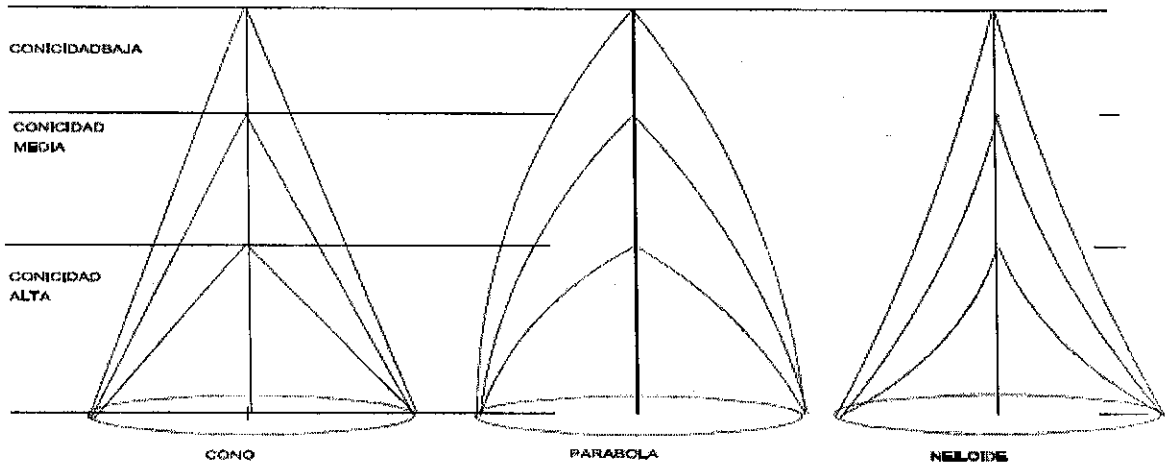
12. Cailliez, F. (1980). Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. Vol.1. estimación del volumen. Estudio FAO: Montes 22/1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. 92 pp.
13. Camacho, P. & T. Madrigal (1996). Ecuaciones de volumen preliminares para *Tectona grandis*. Ponencia presentada en el Tercer Congreso Forestal Nacional; 27, 28 y 29 de agosto de 1997. San José, Costa Rica.
14. Chakraborti, S.K. & K.S. Gaharwar (1995). A Study on Volume Estimation for Indian Teak. *Indian Forester* 121(6): 503 – 509.
15. Dauber, E. 1997. Propuesta para la elaboración de Tablas Volumétricas y/o Factores de Forma. Proyecto BOLFOR. Bolivia. Documento Técnico 54/1997. 9 p.
16. Fallas, J. (1986). Tabla de volumen preliminar para Teca (*Tectona grandis*) en la zona de Parrita, Costa Rica. Ponencia presentada en el Primer Congreso Forestal Nacional; 10 al 14 de Noviembre de 1986. San José, Costa Rica.
17. FAO. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento; con referencia especial a los trópicos. Vol. I. Estudio FAO: Montes. Roma. 92 p.
18. González J., F. 2003. Tablas de volumen para *Piranhea mexicana* (Standl.) Radcl.- en la Costa de Jalisco. Tesis profesional. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. División de Ciencias Agronómicas. Universidad de Guadalajara. Las Agujas, Zapopan Jal. México. 39 p.
19. Hernández M., E.; Morales L., P.; Delgado de J., O; Cornejo O., E. y Valencia M., S. 2001. Predicción de volúmenes de fuste para *Pinus michoacana* Mart. y *Pinus douglasiana* Mart. en el Sureste de Nayarit. *Foresta-an*. Nota técnica No. 4. UAAAN. Saltillo, Coah. 13 p.
20. Hush B. 1963. *Forest mensuration and statistics*. The Ronald Press Company. New York, USA. 474 P.
21. Husch, B.; Miller, C. I. y Beers, T. W. 1982. *Forest Mensuration*. Editorial Wiley & Sons. 3<sup>ra</sup> Edición. USA. 403 p.
22. México. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2005. *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento*. México. 267 p.
23. Miranda, F. y Hernández, E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación, *Boletín. Soc. Bot. Mex.* 28: 29-179.



24. Mora Ch., F. A. y Gómez M., Q. Instituto de Investigación y Servicios Forestales (INISEFOR), 2 Escuela de Ciencias Ambientales (EDECA), Universidad Nacional. <http://www.una.ac.cr/inis/docs/teca/temas/fmora.Pdf>. Consultado 2 de Junio 2007).
25. Ramírez P., C. 2007. Tablas de volumen para madera aserrada y en pie. (<http://www.gestipolis.com/canales8/ger/proceso-de-producción-de-tablas-de-madera.htm>. consultado 25 de Junio 2007).
26. Romahn de la V., C. F.; Ramírez H., M. y Treviño L., G. 1994. Dendrometría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. De México. 354 p.
27. Salas M., L. M.; Terrazas D., S. y Vargas P., E. 2002. Programa de computo para la generación de tablas de volúmenes maderables. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, Enero-Junio/año/vol. 8, No.001. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp 50-70.
28. Segura V., M. G. 1999. Tablas de volumen comercial con corteza para Encino, Roble y otras especies del bosque pluvial Montano de la Cordillera de Salamanca, Costa Rica. Colección de Manejo diversificado de bosques naturales. Informe Técnico No. 306. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 47 p.
29. Torres E., L. M. y Cano P. 1993. Elaboración de tablas de volúmenes para *Pinus rudis* Ende. y *Abies vejarii* var. *Macrocarpa* Mtz., en Sierra de Arteaga, Coahuila. Folleto Técnico SARH-INIFAP. CIRNE. Campo Experimental "Sierra de Arteaga". Arteaga, Coah. Mex. 14 p.
30. Velasco B., E.; Madrigal H., S.; Vázquez C., I.; González H., A. y Moreno S., F. 2006. Manual para la elaboración de tablas de volumen fustal en pinos. Libro técnico No 1. INIFAP. CONACYT-CONAFOR. México, D.F. 34 p.
31. Villa, C. J.; Ordaz, O. E. y Espinoza, A. J. 1996. Análisis del desarrollo de cuatro especies tropicales en la granja forestal Tecoman, Colima. Reporte inédito. INIFAP.

## 2.9. FIGURAS

Figura 2.1. Calificación de la conicidad, como alta, media y baja



Calificación de la conicidad, como alta, media y baja

## 2.10. CUADROS

Cuadro 2.1. clasificación de las calidades de estación

Tipo	Altura de los árboles (m)
Excelente	≥ a 35
Buena	≥ a 25 y < a 35
Regular	≥ a 15 y < a 25
Mala	< a 15

Cuadro 2.2. Formulas para cubicación de trozas

Formulas para cubicar trozas		
Smalian (Trozas)	$V = \frac{S_0 + S_1}{2} * L$	(1)
Huber (Tocón)	$V = S_m * L$	(2)
Cono (Punta)	$V = \frac{S_0}{3} * L$	(3)

Donde:

V = Volumen

S<sub>0</sub> = Área de la sección inferior de la troza

S<sub>m</sub> = Área media de la troza

S<sub>1</sub> = Área de la sección superior de la troza

L = Longitud de la troza

**Cuadro 2.3. Formulas para calcular superficie transversal**

Formulas		
$S = \frac{3.1416}{4} * d^2$	Con diámetro	(4)
$S = 3.1416 * r^2$	Con radio	(5)

**Cuadro 2.4. Estadísticos del análisis de varianza del modelo para *Swietenia macrophylla* (Caoba) en tres Zonas diferentes.**

Estado	Municipio	R <sup>2</sup>	SCE	CME	PRO B > F	$\beta_1$	Error Est.	Valor de F	Prob. T
Colima	Tecoman	0.87	0.86029	0.02868	0.0001	-1.140504 1.000598	0.08186 0.07147	195.99	0.0001
Jalisco	La Huerta	0.96	0.44463	0.01482	0.0001	-1.319828 0.908995	0.07824 0.03230	791.89	0.0001
Nayarit	Santiago Ixcuintla	0.95	0.55873	0.01862	0.0001	-1.246190 0.888335	0.04791 0.03547	627.14	0.0001
Nayarit	Verdineño Santiago Ixcuintla	0.96	0.48922	0.01631	0.0001	-1.355482 0.867293	0.06131 0.03296	692.24	0.0001

**Cuadro 2.5. Ecuaciones resultantes para la elaboración de tablas de volúmenes de *Swietenia macrophylla* (Caoba).**

Estado	Municipio	Ecuación resultante
Colima	Tecoman	$V = a (D^2A)^b \exp(E) = \text{Log } V = \text{log } a + b \text{ log } (D^2A) + E$ $\text{Log } V = \text{log } (-1.140504) + (1.000598) \text{ log } (D^2A) + E$ $V = 0.319658 (D^2A)^{1.000598}$
Jalisco	La Huerta	$V = a (D^2A)^b \exp(E) = \text{Log } V = \text{log } a + b \text{ log } (D^2A) + E$ $\text{Log } V = \text{log } (-1.319828) + (0.908995) \text{ log } (D^2A) + E$ $V = 0.267181 (D^2A)^{0.908995}$
Nayarit	Santiago Ixcuintla	$V = a (D^2A)^b \exp(E) = \text{Log } V = \text{log } a + b \text{ log } (D^2A) + E$ $\text{Log } V = \text{log } (-1.246190) + (0.888335) \text{ log } (D^2A) + E$ $V = 0.287598 (D^2A)^{0.888335}$
Nayarit	Verdineño, Santiago Ixcuintla	$V = a (D^2A)^b \exp(E) = \text{Log } V = \text{log } a + b \text{ log } (D^2A) + E$ $\text{Log } V = \text{log } (-1.355482) + (0.867293) \text{ log } (D^2A) + E$ $V = 0.257832 (D^2A)^{0.867293}$

Cuadro 2.6. Estadísticos del análisis de varianza del modelo para *Cedrela odorata* (Cedro rojo) en tres Zonas diferentes.

Estado	Mpio.	R <sup>2</sup>	SCE	CME	PRO B > F	B <sub>1</sub>	Error Est.	Valor de F	Prob. T
Colima	Tecoman	0.82	1.08101	0.03603	0.0001	-1.256945 0.871102	0.05686 0.07509	134.572	0.0001
Jalisco	La Huerta	0.93	0.61613	0.02054	0.0001	-1.379315 0.793394	0.05868 0.04034	386.637	0.0001
Nayarit	Santiago Ixcuintla	0.95	0.46335	0.01544	0.0001	-1.223662 0.913346	0.06003 0.03988	524.412	0.0001
Nayarit	Verdineño Santiago Ixcuintla	0.94	0.34281	0.01143	0.0001	-1.438923 0.759155	0.06909 0.03643	434.241	0.0001

Cuadro 2.7. Ecuación resultante para la elaboración de tablas de volúmenes de *Cedrela odorata* (Cedro rojo).

Estado	Municipio	Ecuación resultante
Colima	Tecoman	$V = a (D^2A)^b \exp(E) = \text{Log } V = \log a + b \log (D^2A) + E$ $\text{Log } V = \log (-1.256945) + (0.871102) \log (D^2A)$  $V = 0.284522 (D^2A)^{0.871102}$
Jalisco	La Huerta	$V = a (D^2A)^b \exp(E) = \text{Log } V = \log a + b \log (D^2A) + E$ $\text{Log } V = \log (-1.379315) + (0.793394) \log (D^2A)$  $V = 0.25175 (D^2A)^{0.793394}$
Nayarit	Santiago Ixcuintla	$V = a (D^2A)^b \exp(E) = \text{Log } V = \log a + b \log (D^2A) + E$ $\text{Log } V = \log (-1.223662) + (0.913346) \log (D^2A)$  $V = 0.294151 (D^2A)^{0.913346}$
Nayarit	Verdineño, Santiago Ixcuintla	$V = a (D^2A)^b \exp(E) = \text{Log } V = \log a + b \log (D^2A) + E$ $\text{Log } V = \log (-1.438923) + (0.759155) \log (D^2A)$  $V = 0.237183 (D^2A)^{0.759155}$

Cuadro 2.8. Estadísticos del análisis de varianza del modelo para *Roseodendron donnell Smithii* (Primavera) en dos Zonas diferentes.

Estado	Mpio.	R <sup>2</sup>	SCE	CME	PRO B > F	β <sub>1</sub>	Error Est.	Valor de F	Prob. T
Colima	Tecoman	0.95	0.38014	0.01267	0.0001	-1.044600 0.895067	0.02753 0.03851	600.938	0.0001
Jalisco	La Huerta	0.96	0.26004	0.01182	0.0001	-1.212483 0.914053	0.06110 0.03825	571.000	0.0001

Cuadro 2.9. Ecuaciones resultantes para la elaboración de tablas de volúmenes de *Roseodendron donnell Smithii* (Primavera).

Estado	Municipio	Ecuación resultante
Colima	Tecoman	$V = a (D^2A)^b \exp(E) = \text{Log } V = \log a + b \log (D^2A) + E$ $\text{Log } V = \log (-1.044600) + (0.895067) \log (D^2A)$  $V = 0.351833 (D^2A)^{0.895067}$
Jalisco	La Huerta	$V = a (D^2A)^b \exp(E) = \text{Log } V = \log a + b \log (D^2A) + E$ $\text{Log } V = \log (-1.212483) + (0.914053) \log (D^2A)$  $V = 0.297458 (D^2A)^{0.914053}$

Cuadro 2.10. Estadísticos del análisis de varianza del modelo para *Tabebuia rosea* (Rosa morada) en tres Zonas diferentes.

Estado	Mpio.	R <sup>2</sup>	SCE	CME	PRO B > F	$\beta_1$	Error Est.	Valor de F	Prob. T
Colima	Tecoman	0.86	0.74457	0.02482	0.0001	-1.278632 0.872990	0.08531 0.06519	179.315	0.0001
Jalisco	La Huerta	0.91	0.44865	0.01495	0.0001	-1.147737 0.974579	0.04343 0.05502	313.722	0.0001
Nayarit	Santiago Ixcuintla	0.96	0.42727	0.01424	0.0001	-1.223845 0.893015	0.03827 0.03383	696.545	0.0001
Nayarit	Verdineño Santiago Ixcuintla	0.96	0.27893	0.00930	0.0001	-1.151280 0.912169	0.02685 0.03589	645.607	0.0001

Cuadro 2.11. Ecuación resultante para la elaboración de tablas de volúmenes de *Tabebuia rosea* (Rosa morada) en tres Zonas diferentes.

Estado	Municipio	Ecuación resultante
Colima	Tecoman	$V = a (D^2A)^b \exp(E) = \text{Log } V = \log a + b \log (D^2A) + E$ $\text{Log } V = \log (-1.278632) + (0.872990) \log (D^2A)$  $V = 0.278418 (D^2A)^{0.872990}$
Jalisco	La Huerta	$V = a (D^2A)^b \exp(E) = \text{Log } V = \log a + b \log (D^2A) + E$ $\text{Log } V = \log (-1.47737) + (0.974579) \log (D^2A)$  $V = 0.317354 (D^2A)^{0.974579}$
Nayarit	Santiago Ixcuintla	$V = a (D^2A)^b \exp(E) = \text{Log } V = \log a + b \log (D^2A) + E$ $\text{Log } V = \log (-1.223845) + (0.893015) \log (D^2A)$  $V = 0.294097 (D^2A)^{0.893015}$
Nayarit	Verdineño, Santiago Ixcuintla	$V = a (D^2A)^b \exp(E) = \text{Log } V = \log a + b \log (D^2A) + E$ $\text{Log } V = \log (-1.151280) + (0.912169) \log (D^2A)$  $V = 0.316232 (D^2A)^{0.912169}$

Cuadro 2.12. Estadísticos del análisis de varianza del modelo para *Tectona grandis* (Teca) en dos Zonas diferentes.

Estado	Mpio.	R <sup>2</sup>	SCE	CME	PRO B > F	$\beta_1$	Error Est.	Valor de F	Prob. T
Jalisco	La Huerta	0.92	0.46352	0.01545	0.0001	-1.192919 0.932398	0.02235 0.04851	369.344	0.0001
Nayarit	Verdineño Santiago Ixciuintla	0.78	1.05905	0.04413	0.0001	-0.990996 1.020952	0.05955 0.11207	82.989	0.0001

Cuadro 2.13. Ecuación resultante para la elaboración de tablas de volúmenes de *Tectona grandis* (Teca) en dos Zonas diferentes.

Estado	Municipio	Ecuación resultante
Jalisco	La Huerta	$V = a (D^2A)^b \exp(E) = \text{Log } V = \text{log } a + b \text{ log } (D^2A) + E$ $\text{Log } V = \text{log } (-1.192919) + (0.932398) \text{ log } (D^2A)$ $V = 0.303334 (D^2A)^{0.932398}$
Nayarit	Verdineño Santiago Ixciuintla	$V = a (D^2A)^b \exp(E) = \text{Log } V = \text{log } a + b \text{ log } (D^2A) + E$ $\text{Log } V = \text{log } (-0.990996) + (1.020952) \text{ log } (D^2A)$ $V = 0.371207 (D^2A)^{1.020952}$

Cuadro 2.14. Estadísticos del análisis de varianza del modelo para *Gmelina arborea* (Melina) en La Huerta, Jalisco.

Estado	Mpio.	R <sup>2</sup>	SCE	CME	PRO B > F	$\beta_1$	Error Est.	Valor de F	Prob. T
Jalisco	La Huerta	0.89	0.80675	0.02689	0.0001	-1.269281 1.042331	0.05458 0.06837	232.397	0.0001

Cuadro 2.15. Ecuación resultante para la elaboración de tablas de volúmenes de *Gmelina arborea* (Melina) en la Huerta, Jalisco.

Estado	Municipio	Ecuación resultante
Jalisco	La Huerta	$V = a (D^2A)^b \exp(E) = \text{Log } V = \text{log } a + b \text{ log } (D^2A) + E$ $\text{Log } V = \text{log } (-1.269281) + (1.04233) \text{ log } (D^2A)$ $V = 0.281034 (D^2A)^{1.04233}$

Cuadro 2.16. Tabla de volumen fustal (m<sup>3</sup> Rcc) para *Swietenia macrophylla* en Tecoman, Colima.

DIAM	CATEGORIAS DE ALTURAS EN METROS									
cm	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
4	0.002	0.003	0.005	0.006	0.008	0.009	0.011	0.012	0.013	0.015
6	0.004	0.007	0.010	0.013	0.016	0.019	0.022	0.025	0.028	0.030
8	0.006	0.012	0.017	0.022	0.027	0.032	0.037	0.042	0.046	0.051
10	0.010	0.018	0.026	0.033	0.041	0.048	0.055	0.062	0.069	0.076
12	0.013	0.025	0.036	0.046	0.056	0.066	0.076	0.086	0.095	0.105
14	0.018	0.033	0.047	0.061	0.074	0.088	0.100	0.113	0.126	0.138
16	0.022	0.042	0.060	0.077	0.094	0.111	0.128	0.144	0.160	0.176
18	0.028	0.051	0.074	0.095	0.117	0.137	0.158	0.178	0.197	0.217
20	0.033	0.062	0.089	0.115	0.141	0.166	0.190	0.214	0.238	0.262
22	0.040	0.074	0.106	0.137	0.167	0.197	0.226	0.254	0.283	0.310
24	0.046	0.086	0.124	0.160	0.195	0.230	0.264	0.297	0.330	0.363
26	0.053	0.099	0.143	0.184	0.225	0.265	0.304	0.343	0.381	0.419
28	0.061	0.113	0.163	0.211	0.257	0.303	0.347	0.392	0.435	0.478
30	0.069	0.128	0.184	0.238	0.291	0.342	0.393	0.443	0.492	0.541
32	0.077	0.144	0.207	0.267	0.327	0.384	0.441	0.497	0.553	0.607
34	0.086	0.160	0.230	0.298	0.364	0.428	0.492	0.554	0.616	0.677
36	0.095	0.178	0.255	0.330	0.403	0.475	0.545	0.614	0.682	0.750
38	0.105	0.196	0.281	0.364	0.444	0.523	0.600	0.676	0.752	0.826
40	0.115	0.214	0.308	0.399	0.487	0.573	0.658	0.741	0.824	0.905

Cuadro 2.17. Tabla de volumen fustal (m<sup>3</sup> Rcc) para *Swietenia macrophylla* en La Huerta, Jalisco.

DIAM	CATEGORIAS DE ALTURAS EN METROS									
cm	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
4	0.001	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.010	0.011	0.012
6	0.003	0.006	0.008	0.011	0.013	0.015	0.018	0.020	0.022	0.024
8	0.005	0.010	0.014	0.018	0.022	0.026	0.030	0.034	0.037	0.041
10	0.008	0.014	0.021	0.027	0.033	0.039	0.045	0.051	0.056	0.062
12	0.011	0.020	0.029	0.037	0.046	0.054	0.062	0.070	0.078	0.086
14	0.014	0.026	0.038	0.050	0.061	0.072	0.082	0.093	0.104	0.114
16	0.018	0.034	0.049	0.063	0.077	0.091	0.105	0.119	0.132	0.145
18	0.022	0.042	0.060	0.078	0.096	0.113	0.130	0.147	0.164	0.180
20	0.027	0.051	0.073	0.095	0.116	0.137	0.158	0.178	0.198	0.218
22	0.032	0.060	0.087	0.113	0.138	0.163	0.188	0.212	0.236	0.259
24	0.037	0.070	0.102	0.132	0.162	0.191	0.220	0.248	0.276	0.304
26	0.043	0.081	0.118	0.153	0.187	0.221	0.254	0.287	0.319	0.351
28	0.050	0.093	0.135	0.175	0.214	0.253	0.291	0.328	0.365	0.402
30	0.056	0.106	0.153	0.198	0.243	0.287	0.330	0.372	0.414	0.456
32	0.063	0.119	0.172	0.223	0.273	0.322	0.371	0.419	0.466	0.513
34	0.071	0.133	0.192	0.249	0.305	0.360	0.414	0.467	0.520	0.572
36	0.078	0.147	0.213	0.276	0.338	0.399	0.459	0.518	0.577	0.635
38	0.086	0.162	0.235	0.305	0.373	0.440	0.507	0.572	0.637	0.701
40	0.095	0.178	0.257	0.334	0.410	0.483	0.556	0.628	0.699	0.769

Cuadro 2.18. Tabla de volumen fustal (m<sup>3</sup> Rcc) para *Swietenia macrophylla* en Santiago Ixcuintla, Nayarit.

DIAM	CATEGORIAS DE ALTURAS EN METROS									
cm	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
4	0.002	0.003	0.005	0.006	0.007	0.009	0.010	0.011	0.012	0.014
6	0.003	0.007	0.010	0.012	0.015	0.018	0.020	0.023	0.025	0.028
8	0.005	0.011	0.016	0.021	0.025	0.029	0.034	0.038	0.042	0.046
10	0.008	0.016	0.024	0.031	0.037	0.044	0.050	0.056	0.063	0.069
12	0.011	0.023	0.033	0.042	0.051	0.060	0.069	0.078	0.087	0.095
14	0.014	0.030	0.043	0.055	0.068	0.080	0.091	0.103	0.114	0.125
16	0.018	0.038	0.054	0.070	0.086	0.101	0.116	0.130	0.145	0.159
18	0.022	0.047	0.067	0.087	0.106	0.124	0.142	0.160	0.178	0.196
20	0.027	0.056	0.081	0.105	0.127	0.150	0.172	0.193	0.215	0.236
22	0.032	0.067	0.096	0.124	0.151	0.177	0.204	0.229	0.254	0.279
24	0.037	0.078	0.112	0.145	0.176	0.207	0.238	0.267	0.297	0.326
26	0.043	0.090	0.129	0.167	0.203	0.239	0.274	0.308	0.342	0.376
28	0.050	0.103	0.147	0.190	0.232	0.272	0.312	0.352	0.391	0.429
30	0.056	0.116	0.166	0.215	0.262	0.308	0.353	0.398	0.441	0.485
32	0.063	0.130	0.187	0.241	0.294	0.345	0.396	0.446	0.495	0.544
34	0.071	0.145	0.208	0.268	0.327	0.385	0.441	0.497	0.551	0.606
36	0.078	0.160	0.230	0.297	0.362	0.426	0.488	0.550	0.610	0.670
38	0.086	0.177	0.253	0.327	0.399	0.469	0.537	0.605	0.672	0.738
40	0.095	0.193	0.277	0.358	0.437	0.513	0.589	0.663	0.736	0.808

Cuadro 2.19. Tabla de volumen fustal (m<sup>3</sup> Rcc) para *Swietenia macrophylla* en El Verdineño Santiago Ixcuintla, Nayarit.

DIAM	CATEGORIAS DE ALTURAS EN METROS									
cm	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
4	0.002	0.003	0.005	0.006	0.007	0.008	0.010	0.011	0.012	0.013
6	0.004	0.007	0.009	0.012	0.014	0.017	0.019	0.022	0.024	0.026
8	0.006	0.011	0.015	0.020	0.024	0.028	0.032	0.036	0.040	0.043
10	0.009	0.016	0.022	0.029	0.035	0.041	0.047	0.053	0.058	0.064
12	0.012	0.022	0.031	0.040	0.048	0.056	0.064	0.072	0.080	0.088
14	0.016	0.028	0.040	0.052	0.063	0.073	0.084	0.094	0.104	0.114
16	0.020	0.036	0.051	0.065	0.079	0.093	0.106	0.119	0.132	0.144
18	0.024	0.044	0.062	0.080	0.097	0.114	0.130	0.146	0.162	0.177
20	0.029	0.053	0.075	0.096	0.116	0.136	0.156	0.175	0.194	0.212
22	0.034	0.062	0.088	0.113	0.137	0.161	0.184	0.207	0.229	0.251
24	0.040	0.072	0.103	0.132	0.160	0.187	0.214	0.240	0.266	0.291
26	0.045	0.083	0.118	0.151	0.184	0.215	0.246	0.276	0.306	0.335
28	0.052	0.094	0.134	0.172	0.209	0.245	0.280	0.314	0.348	0.381
30	0.058	0.106	0.151	0.194	0.235	0.276	0.315	0.354	0.392	0.429
32	0.065	0.119	0.169	0.217	0.263	0.308	0.352	0.396	0.438	0.480
34	0.072	0.132	0.188	0.241	0.292	0.342	0.391	0.440	0.487	0.533
36	0.080	0.146	0.207	0.266	0.323	0.378	0.432	0.485	0.538	0.589
38	0.088	0.160	0.228	0.292	0.355	0.415	0.475	0.533	0.590	0.647
40	0.096	0.175	0.249	0.319	0.388	0.454	0.519	0.583	0.645	0.707



Cuadro 2.20. Tabla de volumen fustal (m<sup>3</sup> Rcc) para *Cedrela odorata* en Tecoman, Colima.

DIAM cm	CATEGORIAS DE ALTURAS EN METROS									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
4	0.002	0.003	0.005	0.006	0.008	0.009	0.010	0.012	0.013	0.014
6	0.004	0.007	0.010	0.013	0.016	0.018	0.021	0.024	0.026	0.029
8	0.006	0.012	0.017	0.021	0.026	0.030	0.035	0.039	0.043	0.047
10	0.009	0.017	0.025	0.032	0.038	0.045	0.051	0.058	0.064	0.070
12	0.013	0.024	0.034	0.043	0.053	0.062	0.071	0.079	0.088	0.096
14	0.017	0.031	0.044	0.057	0.069	0.081	0.092	0.104	0.115	0.126
16	0.021	0.039	0.056	0.071	0.087	0.102	0.116	0.131	0.145	0.159
18	0.026	0.048	0.068	0.088	0.107	0.125	0.143	0.161	0.178	0.195
20	0.032	0.058	0.082	0.105	0.128	0.150	0.172	0.193	0.214	0.234
22	0.037	0.068	0.097	0.124	0.151	0.177	0.203	0.228	0.252	0.277
24	0.043	0.079	0.113	0.145	0.176	0.206	0.236	0.265	0.294	0.322
26	0.050	0.091	0.130	0.167	0.202	0.237	0.271	0.305	0.338	0.370
28	0.057	0.104	0.148	0.190	0.230	0.270	0.309	0.347	0.384	0.421
30	0.064	0.117	0.166	0.214	0.260	0.304	0.348	0.391	0.433	0.475
32	0.071	0.131	0.186	0.239	0.290	0.340	0.389	0.437	0.485	0.531
34	0.079	0.145	0.207	0.266	0.323	0.378	0.433	0.486	0.539	0.590
36	0.088	0.161	0.229	0.294	0.357	0.418	0.478	0.537	0.595	0.652
38	0.096	0.176	0.251	0.323	0.392	0.459	0.525	0.590	0.654	0.717
40	0.105	0.193	0.275	0.353	0.428	0.502	0.574	0.645	0.715	0.784

Cuadro 2.21. Tabla de volumen fustal (m<sup>3</sup> Rcc) para *cedrela odorata* en La Huerta, Jalisco.

DIAM cm	CATEGORIAS DE ALTURAS EN METROS									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
4	0.003	0.005	0.006	0.008	0.009	0.011	0.012	0.014	0.015	0.016
6	0.005	0.009	0.012	0.015	0.018	0.021	0.024	0.026	0.029	0.031
8	0.008	0.014	0.019	0.024	0.028	0.033	0.037	0.041	0.045	0.049
10	0.011	0.020	0.027	0.034	0.041	0.047	0.053	0.059	0.065	0.070
12	0.015	0.026	0.036	0.045	0.054	0.063	0.071	0.079	0.086	0.094
14	0.019	0.033	0.046	0.058	0.069	0.080	0.090	0.100	0.110	0.120
16	0.024	0.041	0.057	0.072	0.085	0.099	0.112	0.124	0.136	0.148
18	0.029	0.050	0.069	0.086	0.103	0.119	0.134	0.149	0.164	0.178
20	0.034	0.059	0.081	0.102	0.122	0.141	0.159	0.177	0.194	0.211
22	0.039	0.068	0.094	0.119	0.142	0.164	0.185	0.206	0.226	0.245
24	0.045	0.079	0.108	0.136	0.163	0.188	0.212	0.236	0.259	0.282
26	0.051	0.089	0.123	0.155	0.185	0.213	0.241	0.268	0.294	0.320
28	0.058	0.100	0.138	0.174	0.208	0.240	0.271	0.301	0.331	0.360
30	0.065	0.112	0.154	0.194	0.232	0.268	0.302	0.336	0.369	0.401
32	0.072	0.124	0.171	0.215	0.257	0.296	0.335	0.372	0.409	0.445
34	0.079	0.137	0.188	0.237	0.282	0.326	0.369	0.410	0.450	0.490
36	0.086	0.149	0.206	0.259	0.309	0.357	0.404	0.449	0.493	0.536
38	0.094	0.163	0.225	0.282	0.337	0.389	0.440	0.489	0.537	0.584
40	0.102	0.177	0.244	0.306	0.366	0.422	0.477	0.531	0.583	0.634

Cuadro 2.22. Tabla de volumen fustal (m<sup>3</sup> Rcc) para *Cedrela odorata* en Santiago Ixcuintla, Nayarit.

DIAM	CATEGORIAS DE ALTURAS EN METROS									
cm	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
4	0.002	0.003	0.004	0.005	0.007	0.008	0.009	0.010	0.012	0.013
6	0.003	0.006	0.009	0.012	0.014	0.017	0.019	0.022	0.024	0.027
8	0.005	0.010	0.015	0.019	0.024	0.028	0.032	0.037	0.041	0.045
10	0.008	0.016	0.023	0.029	0.036	0.042	0.049	0.055	0.061	0.068
12	0.012	0.022	0.031	0.041	0.050	0.059	0.068	0.077	0.086	0.094
14	0.015	0.029	0.042	0.054	0.066	0.078	0.090	0.102	0.114	0.125
16	0.019	0.037	0.053	0.069	0.085	0.100	0.115	0.130	0.145	0.160
18	0.024	0.046	0.066	0.086	0.105	0.124	0.143	0.161	0.180	0.198
20	0.029	0.055	0.080	0.104	0.127	0.150	0.173	0.196	0.218	0.240
22	0.035	0.066	0.095	0.124	0.152	0.179	0.206	0.233	0.259	0.286
24	0.041	0.077	0.111	0.145	0.178	0.210	0.242	0.273	0.304	0.335
26	0.047	0.089	0.129	0.168	0.206	0.243	0.280	0.316	0.352	0.387
28	0.054	0.102	0.148	0.192	0.236	0.278	0.320	0.362	0.403	0.444
30	0.061	0.116	0.168	0.218	0.267	0.316	0.363	0.410	0.457	0.503
32	0.069	0.130	0.189	0.245	0.301	0.355	0.409	0.462	0.514	0.566
34	0.077	0.145	0.211	0.274	0.336	0.397	0.457	0.516	0.574	0.632
36	0.086	0.161	0.234	0.304	0.373	0.440	0.507	0.573	0.638	0.702
38	0.095	0.178	0.258	0.336	0.411	0.486	0.559	0.632	0.704	0.775
40	0.104	0.196	0.283	0.369	0.452	0.534	0.614	0.694	0.773	0.851

Cuadro 2.23. Tabla de volumen fustal (m<sup>3</sup> Rcc) para *Cedrela odorata* en El Verdineño Santiago Ixcuintla, Nayarit.

DIAM	CATEGORIAS DE ALTURAS EN METROS									
cm	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
4	0.003	0.005	0.007	0.009	0.010	0.012	0.013	0.015	0.016	0.017
6	0.006	0.009	0.013	0.016	0.019	0.022	0.025	0.027	0.030	0.032
8	0.009	0.015	0.020	0.025	0.029	0.034	0.038	0.042	0.046	0.050
10	0.012	0.021	0.028	0.035	0.041	0.047	0.053	0.059	0.065	0.070
12	0.016	0.027	0.037	0.046	0.054	0.063	0.070	0.078	0.085	0.092
14	0.020	0.034	0.047	0.058	0.069	0.079	0.089	0.098	0.108	0.116
16	0.025	0.042	0.057	0.071	0.084	0.097	0.109	0.120	0.132	0.143
18	0.030	0.050	0.068	0.085	0.101	0.116	0.130	0.144	0.158	0.171
20	0.035	0.059	0.080	0.100	0.118	0.136	0.153	0.169	0.185	0.200
22	0.040	0.068	0.093	0.115	0.137	0.157	0.177	0.195	0.214	0.231
24	0.046	0.078	0.106	0.132	0.156	0.179	0.201	0.223	0.244	0.264
26	0.052	0.088	0.120	0.149	0.176	0.202	0.227	0.252	0.275	0.298
28	0.058	0.098	0.134	0.166	0.197	0.226	0.255	0.282	0.308	0.334
30	0.065	0.109	0.149	0.185	0.219	0.251	0.283	0.313	0.342	0.371
32	0.071	0.120	0.164	0.204	0.241	0.277	0.312	0.345	0.377	0.409
34	0.078	0.132	0.180	0.224	0.265	0.304	0.342	0.378	0.414	0.448
36	0.085	0.144	0.196	0.244	0.289	0.332	0.373	0.413	0.451	0.489
38	0.092	0.156	0.213	0.265	0.313	0.360	0.405	0.448	0.490	0.531
40	0.100	0.169	0.230	0.286	0.339	0.389	0.437	0.484	0.529	0.574

Cuadro 2.24. Tabla de volumen fustal (m<sup>3</sup> Rcc) para *Gmelina arborea* en La Huerta, Jalisco.

cm	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
10	0.015	0.020	0.025	0.031	0.036	0.042	0.047	0.053	0.058	0.063	0.069
12	0.022	0.030	0.037	0.045	0.053	0.061	0.069	0.077	0.085	0.093	0.101
14	0.030	0.041	0.051	0.062	0.073	0.084	0.095	0.106	0.117	0.128	0.139
16	0.040	0.054	0.068	0.082	0.096	0.111	0.125	0.140	0.154	0.169	0.184
18	0.051	0.069	0.087	0.105	0.123	0.142	0.160	0.179	0.197	0.216	0.235
20	0.063	0.086	0.108	0.131	0.154	0.176	0.200	0.223	0.246	0.269	0.293
22	0.077	0.105	0.132	0.160	0.187	0.215	0.243	0.272	0.300	0.329	0.357
24	0.093	0.125	0.158	0.191	0.225	0.258	0.292	0.326	0.360	0.394	0.428
26	0.110	0.148	0.187	0.226	0.265	0.305	0.345	0.385	0.425	0.465	0.506
28	0.128	0.173	0.218	0.264	0.310	0.356	0.402	0.449	0.496	0.543	0.590
30	0.148	0.200	0.252	0.305	0.358	0.411	0.465	0.519	0.573	0.627	0.682
32	0.169	0.228	0.288	0.348	0.409	0.470	0.532	0.593	0.655	0.717	0.780
34	0.192	0.259	0.327	0.395	0.464	0.534	0.603	0.673	0.744	0.814	0.885
38	0.242	0.327	0.412	0.498	0.585	0.673	0.761	0.849	0.938	1.027	1.116
40	0.269	0.364	0.459	0.555	0.651	0.749	0.846	0.945	1.043	1.142	1.242
42	0.298	0.402	0.508	0.614	0.721	0.829	0.937	1.046	1.155	1.265	1.375
44	0.329	0.443	0.560	0.677	0.795	0.913	1.032	1.152	1.273	1.394	1.515
46	0.360	0.486	0.614	0.742	0.872	1.002	1.133	1.264	1.396	1.529	1.662
48	0.394	0.532	0.671	0.811	0.953	1.095	1.238	1.382	1.526	1.671	1.816
50	0.429	0.579	0.730	0.883	1.037	1.192	1.348	1.504	1.661	1.819	1.977

Cuadro 2.25. Tabla de volumen fustal (m<sup>3</sup> Rcc) para *Roseodendron donnell Smithii* en Tecoman, Colima.

DIAM cm	CATEGORIAS DE ALTURAS EN METROS									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
4	0.002	0.004	0.005	0.007	0.009	0.010	0.012	0.013	0.015	0.016
6	0.004	0.008	0.011	0.015	0.018	0.021	0.024	0.027	0.030	0.033
8	0.007	0.013	0.019	0.025	0.030	0.035	0.041	0.046	0.051	0.056
10	0.011	0.020	0.028	0.037	0.045	0.053	0.061	0.068	0.076	0.083
12	0.015	0.027	0.039	0.051	0.062	0.073	0.084	0.095	0.105	0.115
14	0.019	0.036	0.052	0.067	0.082	0.096	0.111	0.125	0.138	0.152
16	0.025	0.046	0.066	0.085	0.104	0.122	0.140	0.158	0.176	0.193
18	0.030	0.057	0.081	0.105	0.128	0.151	0.173	0.195	0.217	0.239
20	0.037	0.068	0.098	0.127	0.155	0.182	0.209	0.236	0.262	0.288
22	0.044	0.081	0.116	0.150	0.184	0.216	0.248	0.280	0.311	0.342
24	0.051	0.095	0.136	0.176	0.215	0.253	0.290	0.327	0.363	0.399
26	0.059	0.109	0.157	0.203	0.248	0.292	0.335	0.377	0.419	0.461
28	0.067	0.125	0.179	0.232	0.283	0.333	0.382	0.431	0.479	0.526
30	0.076	0.141	0.203	0.262	0.320	0.377	0.433	0.488	0.542	0.595
32	0.085	0.158	0.228	0.294	0.359	0.423	0.486	0.547	0.608	0.668
34	0.095	0.176	0.254	0.328	0.401	0.472	0.541	0.610	0.678	0.745
36	0.105	0.195	0.281	0.363	0.444	0.522	0.600	0.676	0.751	0.825
38	0.116	0.215	0.309	0.400	0.489	0.575	0.661	0.744	0.827	0.909
40	0.127	0.236	0.339	0.439	0.536	0.631	0.724	0.816	0.907	0.997

Cuadro 2.26. Tabla de volumen fustal (m<sup>3</sup> Rcc) para *Roseodendron donnell Smithii* en La Huerta, Jalisco.

DIAM	CATEGORIAS DE ALTURAS EN METROS									
cm	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
4	0.002	0.003	0.004	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.012	0.013
6	0.003	0.006	0.009	0.012	0.014	0.017	0.019	0.022	0.024	0.027
8	0.006	0.010	0.015	0.020	0.024	0.028	0.033	0.037	0.041	0.045
10	0.008	0.016	0.023	0.030	0.036	0.043	0.049	0.056	0.062	0.068
12	0.012	0.022	0.032	0.041	0.051	0.060	0.069	0.078	0.087	0.095
14	0.015	0.029	0.042	0.055	0.067	0.079	0.091	0.103	0.115	0.126
16	0.020	0.037	0.054	0.070	0.086	0.101	0.116	0.132	0.147	0.161
18	0.024	0.046	0.067	0.087	0.106	0.125	0.144	0.163	0.182	0.200
20	0.030	0.056	0.081	0.105	0.129	0.152	0.175	0.198	0.220	0.243
22	0.035	0.066	0.096	0.125	0.153	0.181	0.208	0.235	0.262	0.289
24	0.041	0.078	0.113	0.147	0.180	0.212	0.244	0.276	0.307	0.339
26	0.048	0.090	0.130	0.170	0.208	0.246	0.283	0.320	0.356	0.392
28	0.055	0.103	0.149	0.194	0.238	0.281	0.324	0.366	0.408	0.449
30	0.062	0.117	0.169	0.220	0.270	0.319	0.367	0.415	0.462	0.509
32	0.070	0.132	0.191	0.248	0.304	0.359	0.413	0.467	0.520	0.573
34	0.078	0.147	0.213	0.277	0.340	0.401	0.462	0.522	0.581	0.640
36	0.087	0.163	0.236	0.307	0.377	0.445	0.513	0.579	0.645	0.710
38	0.096	0.180	0.261	0.339	0.416	0.492	0.566	0.640	0.712	0.784
40	0.105	0.198	0.287	0.373	0.457	0.540	0.622	0.702	0.782	0.861

Cuadro 2.27. Tabla de volumen fustal (m<sup>3</sup> Rcc) para *Tabebuia rosea* en Tecoman, Colima.

DIAM	CATEGORIAS DE ALTURAS EN METROS									
cm	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
4	0.002	0.003	0.005	0.006	0.008	0.009	0.010	0.011	0.013	0.014
6	0.004	0.007	0.010	0.013	0.015	0.018	0.021	0.023	0.026	0.028
8	0.006	0.011	0.016	0.021	0.025	0.030	0.034	0.038	0.042	0.046
10	0.009	0.017	0.024	0.031	0.037	0.044	0.050	0.056	0.062	0.068
12	0.013	0.023	0.033	0.042	0.051	0.060	0.069	0.077	0.086	0.094
14	0.016	0.030	0.043	0.055	0.067	0.079	0.090	0.101	0.112	0.123
16	0.021	0.038	0.054	0.070	0.085	0.099	0.114	0.128	0.142	0.155
18	0.026	0.047	0.067	0.086	0.104	0.122	0.140	0.157	0.174	0.191
20	0.031	0.056	0.080	0.103	0.125	0.147	0.168	0.189	0.209	0.229
22	0.036	0.066	0.095	0.122	0.148	0.173	0.198	0.223	0.247	0.271
24	0.042	0.077	0.110	0.142	0.172	0.202	0.231	0.259	0.287	0.315
26	0.049	0.089	0.127	0.163	0.198	0.232	0.265	0.298	0.330	0.362
28	0.055	0.101	0.144	0.185	0.225	0.264	0.302	0.339	0.376	0.412
30	0.062	0.114	0.163	0.209	0.254	0.298	0.341	0.383	0.424	0.465
32	0.070	0.128	0.182	0.234	0.284	0.333	0.381	0.428	0.475	0.521
34	0.078	0.142	0.202	0.260	0.316	0.370	0.424	0.476	0.528	0.579
36	0.086	0.157	0.224	0.287	0.349	0.409	0.468	0.526	0.583	0.639
38	0.094	0.172	0.246	0.316	0.384	0.450	0.515	0.578	0.641	0.703
40	0.103	0.189	0.269	0.345	0.420	0.492	0.563	0.633	0.701	0.769

Cuadro 2.28. Tabla de volumen fustal (m<sup>3</sup> Rcc) para *Tabebuia rosea* en La Huerta, Jalisco.

DIAM	CATEGORIAS DE ALTURAS EN METROS									
cm	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
4	0.001	0.002	0.003	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.011
6	0.003	0.005	0.008	0.010	0.012	0.015	0.017	0.020	0.022	0.024
8	0.005	0.009	0.013	0.018	0.022	0.026	0.030	0.034	0.039	0.043
10	0.007	0.014	0.020	0.027	0.034	0.040	0.047	0.053	0.060	0.066
12	0.010	0.020	0.029	0.039	0.048	0.057	0.067	0.076	0.085	0.094
14	0.014	0.027	0.039	0.052	0.065	0.077	0.090	0.102	0.115	0.127
16	0.018	0.034	0.051	0.068	0.084	0.100	0.117	0.133	0.149	0.165
18	0.022	0.043	0.064	0.085	0.106	0.126	0.147	0.167	0.188	0.208
20	0.027	0.053	0.079	0.105	0.130	0.155	0.180	0.205	0.230	0.255
22	0.033	0.064	0.095	0.126	0.156	0.187	0.217	0.247	0.277	0.307
24	0.039	0.076	0.113	0.149	0.185	0.221	0.257	0.293	0.329	0.364
26	0.045	0.089	0.132	0.174	0.217	0.259	0.301	0.343	0.384	0.426
28	0.052	0.102	0.152	0.201	0.250	0.299	0.348	0.396	0.444	0.492
30	0.060	0.117	0.174	0.230	0.286	0.342	0.398	0.453	0.508	0.563
32	0.068	0.133	0.197	0.261	0.325	0.388	0.451	0.513	0.576	0.638
34	0.076	0.150	0.222	0.294	0.366	0.437	0.507	0.578	0.648	0.718
36	0.085	0.167	0.248	0.329	0.409	0.488	0.567	0.646	0.725	0.803
38	0.095	0.186	0.276	0.365	0.454	0.542	0.630	0.718	0.805	0.892
40	0.105	0.205	0.305	0.404	0.502	0.599	0.696	0.793	0.890	0.986

Cuadro 2.29. Tabla de volumen fustal (m<sup>3</sup> Rcc) para *Tabebuia rosea* en Santiago Ixcuintla, Nayarit.

DIAM	CATEGORIAS DE ALTURAS EN METROS									
cm	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
4	0.002	0.003	0.005	0.006	0.007	0.009	0.010	0.011	0.012	0.014
6	0.004	0.007	0.010	0.012	0.015	0.018	0.020	0.023	0.026	0.028
8	0.006	0.011	0.016	0.021	0.025	0.030	0.034	0.038	0.043	0.047
10	0.009	0.017	0.024	0.031	0.038	0.044	0.051	0.057	0.064	0.070
12	0.012	0.023	0.033	0.043	0.052	0.061	0.070	0.079	0.088	0.097
14	0.016	0.030	0.043	0.056	0.069	0.081	0.093	0.104	0.116	0.127
16	0.021	0.038	0.055	0.071	0.087	0.103	0.118	0.133	0.147	0.162
18	0.026	0.047	0.068	0.088	0.107	0.127	0.145	0.164	0.182	0.200
20	0.031	0.057	0.082	0.106	0.130	0.153	0.175	0.197	0.219	0.241
22	0.037	0.068	0.097	0.126	0.154	0.181	0.208	0.234	0.260	0.286
24	0.043	0.079	0.114	0.147	0.180	0.211	0.243	0.273	0.304	0.334
26	0.049	0.091	0.131	0.170	0.207	0.244	0.280	0.315	0.350	0.385
28	0.056	0.104	0.150	0.194	0.237	0.278	0.320	0.360	0.400	0.439
30	0.064	0.118	0.170	0.219	0.268	0.315	0.362	0.407	0.452	0.497
32	0.071	0.133	0.190	0.246	0.300	0.354	0.406	0.457	0.508	0.558
34	0.080	0.148	0.212	0.274	0.335	0.394	0.452	0.509	0.566	0.622
36	0.088	0.164	0.235	0.304	0.371	0.436	0.501	0.564	0.627	0.688
38	0.097	0.180	0.259	0.335	0.408	0.481	0.551	0.621	0.690	0.758
40	0.106	0.197	0.284	0.367	0.447	0.527	0.604	0.681	0.756	0.831

Cuadro 2.30. Tabla de volumen fustal (m<sup>3</sup> Rcc) para *Tabebuia rosea* en El Verdineño, Nayarit.

DIAM cm	CATEGORIAS DE ALTURAS EN METROS									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
4	0.002	0.003	0.005	0.006	0.007	0.009	0.010	0.011	0.012	0.014
6	0.004	0.007	0.010	0.012	0.015	0.018	0.021	0.023	0.026	0.029
8	0.006	0.011	0.016	0.021	0.026	0.030	0.035	0.040	0.044	0.048
10	0.009	0.017	0.024	0.032	0.039	0.046	0.053	0.059	0.066	0.073
12	0.012	0.023	0.034	0.044	0.054	0.064	0.073	0.083	0.092	0.102
14	0.016	0.031	0.045	0.058	0.072	0.084	0.097	0.110	0.122	0.135
16	0.021	0.040	0.057	0.074	0.091	0.108	0.124	0.140	0.156	0.172
18	0.026	0.049	0.071	0.092	0.113	0.134	0.154	0.174	0.193	0.213
20	0.032	0.059	0.086	0.112	0.137	0.162	0.186	0.210	0.234	0.258
22	0.038	0.071	0.102	0.133	0.163	0.193	0.222	0.250	0.279	0.307
24	0.044	0.083	0.120	0.156	0.191	0.226	0.260	0.294	0.327	0.360
26	0.051	0.096	0.139	0.181	0.221	0.261	0.301	0.340	0.378	0.416
28	0.058	0.110	0.159	0.207	0.253	0.299	0.344	0.389	0.433	0.477
30	0.066	0.125	0.180	0.234	0.287	0.339	0.390	0.441	0.491	0.541
32	0.074	0.140	0.203	0.264	0.323	0.382	0.439	0.496	0.552	0.608
34	0.083	0.156	0.227	0.294	0.361	0.426	0.491	0.554	0.617	0.679
36	0.092	0.174	0.251	0.327	0.401	0.473	0.545	0.615	0.685	0.754
38	0.102	0.192	0.277	0.361	0.442	0.522	0.601	0.679	0.756	0.832
40	0.112	0.210	0.305	0.396	0.486	0.573	0.660	0.745	0.830	0.914

Cuadro 2.31. Tabla de volumen fustal (m<sup>3</sup> Rcc) para *Tectona grandis* en La Huerta, Jalisco.

DIAM cm	CATEGORIAS DE ALTURAS EN METROS										
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
10	0.022	0.029	0.035	0.042	0.049	0.055	0.061	0.068	0.074	0.080	0.086
12	0.031	0.040	0.050	0.059	0.068	0.077	0.086	0.095	0.104	0.113	0.121
14	0.041	0.054	0.066	0.079	0.091	0.103	0.115	0.127	0.138	0.150	0.162
16	0.053	0.069	0.085	0.101	0.117	0.132	0.147	0.162	0.178	0.193	0.208
18	0.066	0.086	0.106	0.126	0.145	0.164	0.183	0.202	0.221	0.240	0.259
20	0.080	0.105	0.129	0.153	0.177	0.200	0.223	0.246	0.269	0.292	0.315
22	0.096	0.125	0.154	0.183	0.211	0.239	0.267	0.294	0.322	0.349	0.376
24	0.113	0.147	0.181	0.215	0.248	0.281	0.314	0.346	0.378	0.410	0.442
26	0.131	0.171	0.211	0.250	0.288	0.326	0.364	0.402	0.439	0.476	0.513
28	0.150	0.196	0.242	0.287	0.331	0.375	0.418	0.461	0.504	0.547	0.589
30	0.171	0.223	0.275	0.326	0.376	0.426	0.476	0.525	0.573	0.622	0.670
32	0.193	0.252	0.310	0.368	0.424	0.481	0.536	0.592	0.647	0.702	0.756
34	0.216	0.282	0.347	0.412	0.475	0.538	0.601	0.663	0.724	0.785	0.846
38	0.265	0.347	0.427	0.506	0.585	0.662	0.739	0.815	0.891	0.967	1.041
40	0.292	0.382	0.470	0.557	0.643	0.729	0.813	0.897	0.981	1.064	1.146
42	0.320	0.418	0.515	0.610	0.705	0.798	0.891	0.983	1.074	1.165	1.255
44	0.349	0.456	0.562	0.666	0.769	0.870	0.972	1.072	1.171	1.270	1.369
46	0.379	0.496	0.610	0.723	0.835	0.946	1.055	1.164	1.273	1.380	1.487
48	0.410	0.536	0.661	0.783	0.904	1.024	1.143	1.261	1.378	1.494	1.610
50	0.443	0.579	0.713	0.845	0.975	1.105	1.233	1.360	1.487	1.612	1.737

Cuadro 2.32. Tabla de volumen fustal (m<sup>3</sup> Rcc) para *Tectona grandis* en El Verdineño Santiago Ixcuintla, Nayarit.

DIAM	CATEGORIAS DE ALTURAS EN METROS										
cm	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
10	0.021	0.028	0.035	0.043	0.050	0.057	0.064	0.072	0.079	0.086	0.094
12	0.030	0.041	0.051	0.062	0.072	0.083	0.094	0.104	0.115	0.125	0.136
14	0.042	0.056	0.070	0.085	0.099	0.114	0.128	0.143	0.157	0.172	0.187
16	0.055	0.074	0.092	0.111	0.130	0.149	0.168	0.187	0.207	0.226	0.245
18	0.070	0.094	0.117	0.141	0.166	0.190	0.214	0.238	0.263	0.287	0.312
20	0.086	0.116	0.146	0.175	0.205	0.235	0.265	0.296	0.326	0.356	0.386
22	0.105	0.141	0.177	0.213	0.249	0.286	0.322	0.359	0.396	0.433	0.469
24	0.125	0.168	0.211	0.255	0.298	0.342	0.385	0.429	0.473	0.517	0.561
26	0.148	0.198	0.249	0.300	0.351	0.402	0.454	0.505	0.557	0.608	0.660
28	0.172	0.231	0.290	0.349	0.408	0.468	0.528	0.588	0.648	0.708	0.768
30	0.198	0.265	0.333	0.402	0.470	0.539	0.607	0.676	0.746	0.815	0.884
32	0.226	0.303	0.380	0.458	0.536	0.615	0.693	0.772	0.851	0.930	1.009
34	0.256	0.343	0.430	0.518	0.607	0.695	0.784	0.873	0.963	1.052	1.142
38	0.321	0.430	0.540	0.651	0.762	0.873	0.984	1.096	1.208	1.320	1.433
40	0.356	0.478	0.600	0.723	0.846	0.969	1.093	1.217	1.342	1.466	1.591
42	0.393	0.528	0.663	0.798	0.934	1.071	1.208	1.345	1.482	1.620	1.758
44	0.433	0.580	0.729	0.878	1.027	1.177	1.328	1.479	1.630	1.781	1.933
46	0.474	0.635	0.798	0.961	1.125	1.289	1.454	1.619	1.785	1.950	2.117
48	0.517	0.693	0.870	1.048	1.227	1.406	1.586	1.766	1.947	2.128	2.309
50	0.562	0.753	0.946	1.140	1.334	1.529	1.724	1.920	2.116	2.312	2.509

**2.11. APENDICES**

Apéndice 2.1 Formato para toma de datos de campo para la elaboración de tablas de volumen de árboles sin derribo.

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES AGRICOLAS Y PECUARIAS (INIFAP)**

**CAMPO EXPERIMENTAL C.A. CENTRO ALTOS DE JALISCO**

ELABORACION DE TABLAS DE VOLUMEN

Localidad -----Municipio-----exposición-----Altitud-----  
 Pendiente-----Fecha-----Cal. Est-----

No. Arb.----- No. Arb.----- No. Arb.----- No. Arb.-----  
 Dist----- Dist----- Dist----- Dist-----  
 ---  
 Alt----- Alt----- Alt----- Alt-----  
 ---  
 DN----- DN----- DN----- DN-----  
 Esp----- Esp----- Esp----- Esp-----

Obs	U.T.	Pen






Apéndice 2.2. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de *Swietenia macrophylla* del municipio de Tecoman, colima.

F.V.	G.L.	SC	CM	VALOR DE F	Prob > F
Modelo	1	5.62034	5.62034	195.991	0.0001
Error	30	0.86029	0.02868		
Total	31	6.48064			

Apéndice 2.3 Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de *Swietenia macrophylla* de La Huerta Jalisco.

F.V.	G.L.	SC	CM	VALOR DE F	Prob > F
Modelo	1	11.73654	11.73654	791.891	0.0001
Error	30	0.44463	0.01482		
Total	31	12.18116			

Apéndice 2.4. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de *Swietenia macrophylla* de Santiago Ixcuintla, Nayarit.

F.V.	G.L.	SC	CM	VALOR DE F	Prob > F
Modelo	1	11.68011	11.68011	627.143	0.0001
Error	30	0.55873	0.01862		
Total	31	12.23884			

Apéndice 2.5. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de *Swietenia macrophylla* del Verdineño municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit

F.V.	G.L.	SC	CM	VALOR DE F	Prob > F
Modelo	1	11.28866	11.28866	692.246	0.0001
Error	30	0.48922	0.01631		
Total	31	11.77788			

Apéndice 2.6. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de *Cedrela odorata* del municipio de Tecoman, colima.

F.V.	G.L.	SC	CM	VALOR DE F	Prob > F
Modelo	1	4.84915	4.84915	134.572	0.0001
Error	30	1.08101	0.03603		
Total	31	5.93016			

Apéndice 2.7. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de *Cedrela odorata* del municipio de La Huerta, Jalisco.

F.V.	G.L.	SC	CM	VALOR DE F	Prob > F
Modelo	1	7.94067	7.94067	386.637	0.0001
Error	30	0.61613	0.02054		
Total	31	8.55680			

Apéndice 2.8. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de *Cedrela odorata* del municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit

F.V.	G.L.	SC	CM	VALOR DE F	Prob > F
Modelo	1	8.09950	8.09950	524.412	0.0001
Error	30	0.46335	0.01544		
Total	31	8.56284			

Apéndice 2.9. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de *Cedrela odorata* del Verdineño municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit.

F.V.	G.L.	SC	CM	VALOR DE F	Prob > F
Modelo	1	4.96210	4.96210	434.241	0.0001
Error	30	0.34281	0.01143		
Total	31	5.30491			

Apéndice 2.10. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de *Roseodendron donnell .Smithii* del municipio de Tecoman, colima.

F.V.	G.L.	SC	CM	VALOR DE F	Prob > F
Modelo	1	7.61471	7.61471	600.938	0.0001
Error	30	0.38014	0.01267		
Total	31	7.99485			

Apéndice 2.11. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de *Roseodendron donnell .Smithii* del municipio de La Huerta, Jalisco.

F.V.	G.L.	SC	CM	VALOR DE F	Prob > F
Modelo	1	6.74910	6.74910	571.000	0.0001
Error	30	0.26004	0.01182		
Total	31	7.00914			

Apéndice 2.12. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de *Tabebuia rosea* del municipio de Tecoman, colima.

F.V.	G.L.	SC	CM	VALOR DE F	Prob > F
Modelo	1	4.45044	4.45044	179.315	0.0001
Error	30	0.74457	0.02482		
Total	31	5.19501			

Apéndice 2.13. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de *Tabebuia rosea* del municipio de La Huerta, Jalisco.

F.V.	G.L.	SC	CM	VALOR DE F	Prob > F
Modelo	1	4.69167	4.69167	313.722	0.0001
Error	30	0.44865	0.01495		
Total	31	5.14031			

Apéndice 2.14. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de *Tabebuia rosea* del municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit

F.V.	G.L.	SC	CM	VALOR DE F	Prob > F
Modelo	1	9.92040	9.92040	696.545	0.0001
Error	30	0.42727	0.01424		
Total	31	10.34767			

Apéndice 2.15. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de *Tabebuia rosea* del Verdineño municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit.

F.V.	G.L.	SC	CM	VALOR DE F	Prob > F
Modelo	1	6.00265	6.00265	645.607	0.0001
Error	30	0.27893	0.00930		
Total	31	6.28158			

Apéndice 2.16. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de *Tectona grandis* de La Huerta, Jalisco.

F.V.	G.L.	SC	CM	VALOR DE F	Prob > F
Modelo	1	5.70665	5.70665	369.344	0.0001
Error	30	0.46352	0.01545		
Total	31	6.17017			

Apéndice 2.17. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de *Tectona grandis* del Verdineño municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit

F.V.	G.L.	SC	CM	VALOR DE F	Prob > F
Modelo	1	3.66206	3.66206	82.989	0.0001
Error	30	1.05905	0.04413		
Total	31	4.72111			

Apéndice 2.18 Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de *Gmelina arborea* de La Huerta, Jalisco.

F.V.	G.L.	SC	CM	VALOR DE F	Prob > F
Modelo	1	6.24953	6.24953	232.397	0.0001
Error	30	0.80675	0.02689		
Total	31	7.05627			

## CAPITULO 3

### COEFICIENTE DE ASERRIO DE MADERA EN ROLLO DE PLANTACIONES FORESTALES DE ESPECIES TROPICALES EN JALISCO

#### RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el propósito de conocer el coeficiente de transformación de madera en rollo a madera aserrada en diferentes fases de aserrío y procesamiento primario en trozas de cortas dimensiones. Se determinó el volumen de la madera en rollo y de la madera aserrada y, además, de productos secundarios resultantes de 625 trozas, las cuales se obtuvieron del primer aclareo comercial aplicado a dos plantaciones forestales experimentales establecidas en el municipio de la Huerta, Jalisco. El estudio comprendió 384 trozas de la especie *Tabebuia rosea* y 241 trozas de la especie *Enterolobium cyclocarpum*; con volúmenes de 11,102 m<sup>3</sup>r y 15,659 m<sup>3</sup>r, respectivamente. Las trozas de la especie *Enterolobium cyclocarpum* resultaron del aclareo aplicado a un plantación de 14 años de haber sido establecida y para el caso de *Tabebuia rosea* las trozas se obtuvieron de un plantación de 12 años edad. El coeficiente de aserrío se estimó dividiendo el volumen de madera aserrada y productos resultantes entre el volumen de madera en rollo que se procesó en el aserradero. Las fases del proceso industrial incluyó: en aserrío, desorillado, dimensionado de longitudes, y aprovechamiento de productos secundarios en maquinas tableteras. Los rendimientos de transformación que se definieron fueron: 34.03 % para *Tabebuia rosea* y 49.03 % para *Enterolobium cyclocarpum*. Los porcentajes de pérdida de volumen por aserrío o transformación fueron: para *Eterolobium cyclocarpum*, costeras, 18.66 %; aserrín, 9.42 %; recorte 22.29 %. Para el caso de *Tabebuia rosea*, costeras, 24.62 %; aserrín, 12.25 %; Recorte, 24.64 %.

### 3.1. INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos importantes para dar respuesta a las preguntas de que si el establecimiento, manejo y aprovechamiento de las plantaciones forestales comerciales son rentables, sin duda alguna es el coeficiente de aserrío. El aserrío es un proceso mediante el cual se convierte la madera en rollo en tablas, tablones, polines, vigas y durmientes, utilizando maquinaria, equipo, recurso humano, fuentes de energía y dinero (García *et al.*, 2001).

Las instalaciones industriales donde se efectúa la elaboración de la madera en rollo para obtener madera aserrada, reciben el nombre de serrerías o aserraderos (García *et al.*, 2002). Reciben el nombre de aserríos porque los elementos o máquinas principales que intervienen en este proceso industrial están constituidos exclusivamente por sierras.

El proceso de aserrío se considera una de las actividades más importantes de la industria forestal en México y una de las formas más sencillas de transformar trocería, cuya eficiencia se evalúa a través de estudios de coeficientes de aprovechamiento y de rentabilidad del proceso (Zavala y Hernández, 2000).

El rendimiento físico en el procesamiento de la madera, a través de mediciones detalladas desde que las trozas ingresan al aserradero hasta que salen convertidas en productos finales, es una manera de conocer las debilidades de fases específicas del proceso de transformación, lo cual posibilita realizar los ajustes necesarios que conduzcan al alcance de mayor eficiencia en la industrialización forestal primaria. El término rendimiento se refiere a la relación entre el volumen de madera rolliza (trozas) y el volumen resultante en productos aserrados. Este término también es conocido como coeficiente de aserrío o factor de recuperación de madera aserrada "FRM" y constituye un indicador de la tasa de utilización en el proceso de aserrío (Quirós *et al.*, 2005).

En México, desde 1999 se ha venido impulsando y realizando programas de plantaciones comerciales; sin embargo es hasta al año 2001 cuando se crea la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) con lo que se da un nuevo y mayor impulso a los planes y programas de establecimiento de plantaciones comerciales a través del programa denominado PRODEPLAN. Esto representó un incentivo para los productores que se dediquen a esta actividad con el propósito de revertir el efecto negativo de la destrucción del recurso forestal en México, pero también con el objeto de incrementar la producción de los recursos maderables de la que México es deficitario.

Lo anterior implica que en México es necesario continuar con el establecimiento de nuevas plantaciones forestales en sitios o áreas con capacidad productiva adecuada, de acuerdo a las características agro-climáticas y genéticas de las especies a establecer. Pero también es importante aumentar el grado de utilización de la madera que se pueda obtener de estas plantaciones, en las fases de cosecha e industrialización.

Por este motivo se planteó el presente trabajo con el propósito de determinar el rendimiento físico en el procesamiento de la madera, a través de mediciones detalladas desde que las trozas salen de las plantaciones e ingresan al aserradero, hasta que salen convertidas en madera y productos aserrados. De esta manera se podría obtener información importante para elaborar y definir, en gran parte, la rentabilidad de dichas plantaciones forestales.

### 3.2. OBJETIVOS

Determinar el coeficiente de aserrío de madera en rollo procesada de las especies *Enterolobium cyclocarpum* y *Tabebuia rosea* en base a las diferentes categorías diamétricas establecidas, cuantificando los productos aserrados obtenidos y sus productos denominados desperdicio.

### 3.3. HIPOTESIS

El rendimiento en el coeficiente de transformación de trocería a madera aserrada, disminuye o aumenta considerablemente dependiendo de las características diamétricas y longitudes que presenten los trozos.

### 3.4. REVISION DE LITERATURA

#### 3.4.1. Coeficiente de Aserrío

García *et al.* (2001), en su estudio de coeficiente de aserrío para cuatro aserraderos banda en el Sur de Jalisco, señalan que para cada uno de los aserraderos se utilizaron 120 trozas de diferentes diámetros y 8 pies de longitud, las cuales fueron seleccionadas al azar y divididas en lotes de 30 trozas, para tener repeticiones y mayor precisión en la estimación del coeficiente. La cubicación de las trozas se hizo mediante la fórmula Smalian (Romahn *et al.*, 1987), obteniendo volúmenes reales con y sin corteza en metros cúbicos.

De la madera en rollo se obtuvo tablas de  $\frac{3}{4}$ " y tablones de  $1\frac{1}{2}$ " de espesor, en cortas dimensiones y en calidad mill-run (mezcla de calidades). El coeficiente de aserrío nominal fue de 44.58 % y real de 61.72 %. Los cuatro aserraderos tuvieron una producción de 2.95 m<sup>3</sup> por hora. Del total de la producción de madera aserrada en los cuatro aserraderos, el 72.09 % fue de tablas de  $\frac{3}{4}$ " de espesor, el refuerzo de 2.14 % y el resto, 27.91 %, lo constituyeron tablones de  $1\frac{1}{2}$ ", madera de recuperación y desperdicio.

Los mismos autores (García *et al.*, 2001) describieron que las variables que afectaron los valores del coeficiente de aserrío de acuerdo con la prueba de comparación de medias fueron: la longitud de las trozas y la proporción de productos obtenidos en los diferentes espesores, ya que el aserradero que obtuvo el mayor coeficiente de aserrío (MASUJAL), fue el que presentó la menor longitud de trocería y la mayor parte de su producción estuvo constituida por tablas de  $1\frac{1}{2}$ " de espesor.

La productividad promedio de los cuatro aserraderos fue de  $2.95 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ . Se considera que el factor que influyó en los resultados fue principalmente la distribución de la maquinaria. Con los datos obtenidos en este trabajo se hacen las siguientes recomendaciones: Realizar estudios basados en datos estadísticos para tamaños de muestra, número de repeticiones, nivel de confiabilidad e intervalos de confianza, puesto que se generarían resultados más confiables y se podrían comparar diferentes estudios. Incorporar estudios relacionados con la variación en longitud de la trocería, del espesor de las tablas y la variación del corte de las sierras a los estudios tradicionales de coeficiente de aserrío; ya que son fuente de un aumento potencial en el coeficiente de aserrío, teniendo un control más cuidadoso en la práctica. Realizar estudios sobre eficiencia en la productividad, tomando en cuenta los factores que la definen, número de personas que operan la maquinaria, su distribución óptima y estudios de tiempos y movimientos.

Zavala y Hernández (2000), en su trabajo Análisis del rendimiento y utilidad del proceso de aserrío de trocería de pino, describen que de la trocería procesada, un 43% se clasificó como de alta calidad, un 26 % de clase media y un 31 % de baja calidad. Respecto al diámetro, el 89.65 % se ubicó en un rango de 30 a 55 cm y se determinó un coeficiente de aprovechamiento nominal de 51 % con una proporción de costeras y recortes de 27 %, así como un 22 % de aserrín. Los mismos autores (Zavala y Hernández, 2000) señalan que el diámetro de las trozas no influyeron en el coeficiente de aserrío, pero sí se presentó una relación directa entre la calidad de las trozas y la calidad de la madera aserrada.

El coeficiente de aserrío se determina a través de la relación del volumen de la madera aserrada y el volumen de trocería que se utiliza para obtenerla, expresada en porcentaje (SFF, 1978). Se puede referir al volumen de madera de dimensiones comerciales, al volumen de madera de cortas dimensiones, y se puede expresar en dimensiones reales y/o nominales de la madera aserrada y las dimensiones reales de la trocería; también es factible determinar la proporción de madera, de costeras y recortes y de aserrín (Rodríguez, 1978 y Zavala, 1994).

#### **3.4.2. Relación de la calidad de trocería con el coeficiente de aserrío**

Se ha determinado que la calidad de la madera aserrada decrece con la calidad de las trozas y que el coeficiente de aserrío se reduce con el aumento de los defectos de las trozas. En general, las trozas torcidas generan menos madera que las rectas, para la misma categoría diamétrica y longitud. Como regla empírica, Brown y Miller (1975) y Dobie (1966), establecieron que por cada incremento de 0.1 en la relación torcedura/diámetro, se reduce el coeficiente de aprovechamiento hasta en 7%, comparado con trozas rectas, y que el tiempo de asierre se incrementa hasta en 40%. Respecto a la conicidad de las trozas, el coeficiente de aserrío disminuye con el aumento de la conicidad mientras que el tiempo de asierre aumenta (Dobie, 1966).



Las trozas con conicidad acentuada requieren 12% más tiempo de asierre y generan 5.7% menos madera que las trozas cilíndricas. Cuando las trozas se cubican con reglas madereras, a mayor conicidad corresponde mayor coeficiente de aprovechamiento, pero si la cubicación se hace con el sistema de medición directa, el coeficiente de aserrío se reduce (Dobie y Wright, 1975 y Allock *et al.*, 1979).

El diámetro de las trozas tiene un efecto directo en la calidad y cantidad de madera aserrada. Conforme aumenta el diámetro, por lo general se reducen los defectos de la madera (Bailey, 1973). Se ha determinado que el coeficiente de aserrío aumenta con el diámetro de las trozas, variando de 40 a 43% para trozas de 10 pulgadas a 12 pulgadas y de 58 a 65% para trozas de 24 pulgadas a 28 pulgadas (Clark *et al.*, 1974; Phillips y Schoeder, 1975). Integrando ambos conceptos, se establece que para trozas de la misma calidad hay un aumento en el coeficiente de aprovechamiento, con un aumento en el diámetro, y para trozas del mismo diámetro hay una reducción en el coeficiente de aserrío con una disminución en la calidad (Kerbes y McIntosh, 1968 y Pnevmaticos *et al.*, 1971).

### **3.4.3. Relación del refuerzo de la trocería con el coeficiente de aserrío**

El refuerzo en las dimensiones es una práctica común en la producción y comercialización de madera aserrada, debido al volumen que se pierde por la variación del corte en el aserrío, por el cepillado y por las contracciones de la madera verde al momento de secarse; un exceso de refuerzo en la madera aserrada para compensar por estos factores, aumenta el volumen de madera que se pierde, por lo cual repercute directamente en el coeficiente de aprovechamiento, (Brown y Miller 1975, Zavala 1981, 1991 y 1994).

Las dimensiones más comunes en que se asierra y comercializa la madera aserrada varía de 4 a 12 pulgadas en anchura y de 4 a 20 pies en longitud, con incrementos de 2 pulgadas y de 2 pies respectivamente. Los espesores oscilan de ½ a 2 pulgadas en dimensiones nominales. El refuerzo por cepillado en madera áspera seca fluctúa de ¼ a 1/8 pulgadas en grosor, con un mínimo de ½ pulgadas en anchura y de 3 pulgadas en longitud (Rodríguez, 1978).

La Subsecretaría Forestal y de la Fauna (SFF), estableció en 1978 las dimensiones del refuerzo en grosor y en volumen para madera aserrada producida más comúnmente; para 1/2, 3/4, 4/4, 6/4 y 8/4 pulgadas, las dimensiones reales en grosor con su respectivo refuerzo deberían ser de 16, 22, 28, 41 y 54 mm, con un refuerzo en volumen para la dimensión final de 40%, 30%, 22%, 14% y 8% respectivamente.

A través de la conversión de las 5 dimensiones de pulgadas a milímetros, se obtienen las dimensiones nominales para el grosor de la madera aserrada en milímetros, que corresponden a 13, 19, 25, 38 y 51 mm respectivamente.

La Norma Mexicana NMX-C-18-1986 (DGN,1986), estipula para estas dimensiones un refuerzo de 3 mm, que coincide con el previamente establecido por la SFF (1978), a excepción de la de 51 mm; para dimensiones mayores a 38 mm, la Norma establece un refuerzo de 5 mm. Los refuerzos correspondientes en anchura y longitud son de 13 mm y de 25 mm respectivamente, indistintamente de las categorías en dimensiones de las piezas.

#### 3.4.4. Eficiencia del proceso de aserrío

Los indicadores de la eficiencia de conversión de las trozas en madera aserrada se pueden dividir en dos grandes grupos:

1. Los indicadores relacionados con la eficiencia de conversión en volumen.
  - a. Rendimiento volumétrico total
  - b. % de desperdicio de aserrín
  - c. % de desperdicio de otros residuos
2. Los indicadores de la eficiencia de conversión en valor, también denominados indicadores del rendimiento en valor.
  - a. Valor por m<sup>3</sup> de madera aserrada
  - b. Valor por m<sup>3</sup> de trozas

#### 3.4.5. Rendimiento volumétrico total

Egas (1998), manifiesta que existe un grupo de autores que consideran dos formas de expresar el rendimiento volumétrico: rendimiento volumétrico por surtidos y rendimiento volumétrico total. El primer indicador no es más que la relación entre el volumen de madera aserrada de un pedido de producción específico o de una clase de calidad determinada y el volumen total de madera aserrada obtenida de una troza o grupo de trozas (ambos volúmenes en m<sup>3</sup>) expresado en porcentaje. El rendimiento volumétrico total caracteriza el nivel de utilización de la madera de la troza sin considerar las dimensiones ni la calidad de madera aserrada, obtenida por lo que es un indicador importante pero no suficiente para caracterizar la eficiencia de conversión en un aserradero.

Igualmente, existe otro grupo de autores que mencionan tres formas de expresar el rendimiento volumétrico: el % de conversión, el factor de conversión de madera aserrada y el factor de conversión cúbico.

El % de conversión (PC), es el volumen actual de madera aserrada, expresado en pies tablas, obtenido por pié-tabla de madera aserrada de una troza estimada por la escala neta de Scribner, multiplicado por 100:

$$PC = \frac{\text{Volumen actual de madera aserrada (pie tabla)}}{\text{Volumen estimado por escala de Scribner (pies - tabla)}} * 100$$

Obsérvese que un pie tabla de madera aserrada equivale a 0,0023597 m<sup>3</sup>

El factor de conversión de madera aserrada (FCMA) no es más que la cantidad de pies-tabla nominales de madera aserrada obtenidos por pie cúbico de volumen de una troza multiplicado por 100:

$$FCMA = \frac{\text{Volumen nominal de madera aserrada}}{\text{Volumen de la troza}} * 100$$

Obsérvese que un pie cúbico equivale a 0,0283168 m<sup>3</sup>

El factor de conversión cúbico (FCC) es el por ciento de volumen cúbico de madera aserrada que se obtiene por unidad de volumen cúbico de una troza:

$$FCC = \frac{\text{Volumen de madera aserrada (m}^3\text{)}}{\text{Volumen de la troza (m}^3\text{)}} * 100$$

El volumen de madera aserrada total en cada troza en los aserraderos, se determina sobre la base de las mediciones lineales obtenidas de madera aserrada de acuerdo con las expresiones que se exponen a continuación:

$$V_{ma} = \sum_{i=1}^n (a_i * g_i * l_i)$$

donde

$V_{ma}$  = Volumen de madera aserrada de una troza, m<sup>3</sup>

$a_i, g_i, l_i$  = ancho, grueso y longitud de la pieza  $i$  obtenida de una troza o grupo de troza, m

$n$  = Número de piezas aserradas de una troza

### 3.4.6. Factores que inciden sobre el rendimiento en el volumen de la madera

#### 3.4.6.1. Diámetros de las trozas

La opinión de los especialistas coincide con diversas investigaciones realizadas por Fahey y Ayer-Sachet (1993) los cuales indican que el diámetro de la troza es uno de los factores de mayor incidencia en el aserrío; demostrándose que en la medida que el diámetro aumenta, también se incrementa el rendimiento de las trozas en el aserrío; por lo tanto, el procedimiento de trozas de pequeñas dimensiones implica bajos niveles de rendimiento y menor ganancia en los aserraderos.

No obstante, el planteamiento de que las trozas de pequeñas dimensiones, en comparación con trozas mayores conduce a la reducción de los principales indicadores técnico-económicos de los aserraderos, es sólo parcialmente válido, pues, realizando una óptima selección de la maquinaria y de los equipos es posible reducir la influencia negativa en los indicadores.

El efecto del diámetro sobre el rendimiento obliga a pensar en la necesidad del perfeccionamiento del aserrado de trozas de pequeñas dimensiones; además, trazar una política que garantice en lo posible un mayor desarrollo de las existencias maderables con el objetivo de obtener trozas de grandes dimensiones y calidad destinada a los aserraderos.

#### **3.4.6.2. Longitud, conicidad y diagrama de troceado**

Se puede afirmar que el rendimiento de las trozas en el proceso de aserrío es afectado por la longitud y por la conicidad de las trozas. En la medida que aumenten ambos parámetros se incrementa la diferencia entre los diámetros en ambos extremos de la troza. Por lo tanto, una de las formas de incrementar el rendimiento volumétrico es mediante la optimización del troceado, produciendo lógicamente madera aserrada de dimensiones requeridas. Esta observación es de peculiar importancia para la industria cubana del aserrío.

La aplicación de diagramas adecuados de troceo permite la obtención de trozas de alta calidad posible con una longitud adecuada, requisito indispensable para aumentar el rendimiento. Con el empleo de programas de optimización del troceo se obtienen trozas con características favorables para elevar la eficiencia de la conversión primaria de la madera en los aserrios. En todos estos aspectos se coincide con Binagorov (1984) y Wade (1992).

#### **3.4.6.3. Calidad de trozas**

Uno de los factores a tener en cuenta, particularmente en la sierra principal, para maximizar el volumen es la calidad de la troza. Las dimensiones y el volumen de la madera aserrada bajo las prácticas corrientes del procesamiento tienen una relación directa con las diferentes clases de calidad de trozas; por lo que se apoya por diferentes autores la relación de las características de la superficie de las trozas y el rendimiento de madera aserrada para establecer normas para la clasificación de trozas. Casado (1997), confirma el efecto de la calidad de la troza, especialmente la incidencia de trozas torcidas en la calidad y volumen de la madera aserrada. Todoroki (1995), expresa que existe una regla general de que un incremento de 0.1 en la proporción torcedura-diámetro conduce al decrecimiento del rendimiento volumétrico en un 5 %.

#### **3.4.6.4. Tipo de sierra**

El ancho de corte influye sobre el rendimiento de madera aserrada ya que una vía de corte ancha se traduce en mayor pérdida de fibras de madera en forma de aserrín y la disminución de la eficiencia de la maquinaria.

La influencia del tipo de sierra sobre el rendimiento suscita la necesidad de adquirir aserraderos de sierra principal de banda, en lugar de sierra alternativa múltiple o circular, para un mejor aprovechamiento de la materia prima; aspecto éste que se logra entre otros aspectos a partir de la regulación del ancho de corte. Steele y Wagner (1990), expresan que una vía de corte ancha se traduce en más pérdidas de fibra de madera en forma de aserrín y la disminución de la eficiencia de la maquinaria

#### **3.4.6.5. Diagrama de corte**

Las opiniones de los especialistas coinciden con diferentes autores, que afirman que los diagramas de corte tienen gran incidencia sobre la eficiencia de la conversión de madera aserrada; dependiendo de la calidad de la troza, del diseño del aserrío y de los gradientes de precio de la madera existente. La aplicación de diagramas de corte, teniendo en cuenta el diámetro, longitud, calidad y conicidad de las trozas; así como el tipo de sierra y otros factores, es una variante que favorece el incremento en calidad y cantidad de la producción de madera aserrada. Ello ha sido la base de los programas de optimización que permiten obtener resultados relevantes en la industria del aserrío.

El análisis integral de toda esta información debe contribuir de cierta forma para que los empresarios forestales puedan elaborar estrategias que permitan contrarrestar el efecto negativo, o bien, favorecer el efecto positivo de los factores que más influyen sobre el rendimiento volumétrico, condición necesaria para elevar los niveles de aprovechamiento de la materia prima y la eficiencia industrial en general. Fosado (1999), consigna que por muy sencillo que resulte un sistema de aserrío, son muchas las alternativas que se pueden presentar en toda la toma de decisiones. No basta el conocimiento de diagramas de corte que logren máximos rendimientos, se necesita vincularlos con un grupo de requerimientos técnicos-económicos muy difíciles de coordinar eficientemente.

Destacan en la confección de los planes de producción de los aserraderos los siguientes elementos:

1. Calidad del producto final
2. Planes de producción por surtidos
3. Especie a procesar
4. Características de la maquinaria instalada
5. Disponibilidad de materia prima
6. Disponibilidad de tiempo en cada maquina

Estos elementos, unidos a las características físico morfológicas de la troza, permiten fijar un número no despreciable de diagramas de cortes con una calidad requerida del producto final, complicando sobremanera la toma de decisiones eficientes en estas industrias.

### 3.5. MATERIALES Y METODOS

#### 3.5.1. Ubicación del área de estudio

El Sitio donde se llevó a cabo el estudio fue en el Poblado San Agustín que se ubica entre los 20° 32' 0" de Latitud N y 103° 28' 0" de Longitud W., con una altitud de 1592 msnm. dentro del Municipio de Unión de Tula, (Figura 3.1).

El municipio de Unión de Tula se localiza en la zona sur del estado, en las coordenadas 19° 41' 30" a 19° 55' 02" latitud norte y 104° 07' 35" a 104° 22' 30" de longitud oeste, a una altura de 1,350 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con los municipios de Ayutla y Tenamaxtlán, al sur con Autlán y El Grullo, al oriente con Tenamaxtlán, Juchitlán y Ejutla y al poniente con Ayutla (Gobierno del estado de Jalisco, 2007).

#### 3.5.2. Características de trozas en estudio

El estudio se realizó con la trocería de cortas dimensiones procedente del primer aclareo comercial practicado en plantaciones forestales en el Sitio Experimental Costa de Jalisco, el cual es propiedad del CIRPAC-INIFAP, cuyas especies fueron: *Enterolobium cyclocarpum* y *Tabebuia rosea*. Al momento de realizar el derribo de los árboles de ambas especies éstas tenían 14 y 12 años de haberse establecido, respectivamente.

Las trozas de cada una de las especies, fueron seccionadas de acuerdo a sus condiciones de forma, principalmente, tomándose en consideración la rectitud, torceduras y conicidad, habiéndose obtenido trozas de cortas dimensiones en cuanto a su longitud, cuyos rangos son: de .58 cm a 1.27 m, con un promedio de 0.87 cm para las longitudes mínimas y 1.30 a 1.87 m con un valor promedio de 1.63 para las longitudes máximas y diámetros que van desde 7.5 a 27.5 cm, con un promedio 15.7 cm correspondiente al diámetro mínimo; de 9 a 31.75 cm con promedio de 20.1 cm para el diámetro medio y 10.5 a 36 cm con promedio de 24.6 cm para el diámetro máximo; esto en lo que se refiere a *Tabebuia rosea*.

En cuanto a *Enterolobium cyclocarpum*, las longitudes de la trocería fueron de 0.77 a 1.30 m, con promedio 1.20 m para el valor mínimo y de 1.30 a 2.62 m con promedio 2.24 m para el valor máximo. En relación a los diámetros mínimos, se registraron valores que van de 9.5 a 46.5 cm con un promedio de 23.2 cm; los diámetros máximos de esta especie fueron de 16.5 a 57 cm, con promedio de 41.6 cm y el diámetro medio presentó valores que van desde 13 a 51.7 cm, con un promedio de 32.4 cm.

Un vez que la trocería fue transportada y depositada en el patio o área de alimentación del aserradero, se procedió a cubicar y seleccionar la trocería de acuerdo a las diferentes categorías diamétricas que se establecieron para este propósito. El Cuadro 3.1 incluye información sobre algunas características de la trocería en estudio.

### 3.5.3 Categorías diamétricas de trocería en estudio

El Cuadro 3.2 muestra las categorías diamétricas que se establecieron para ambas especies, en total para la especie Parota (*Enterolobium cyclocarpum*); se describen 10 categorías, sin embargo, debido a que las categorías 10 y 9 presentaron número de trazas muy reducido, se consideró pertinente unirlas a las trozas de la categoría 8, por lo tanto esta categoría resultó con 10 trozas para su estudio. Las categorías se definieron de la siguiente manera: 1 (5-9 cm), 2 (10-14 cm), 3 (15-19 cm), 4 (20-24 cm), 5 (25-29 cm), 6 (30-34), 7 (35-39 cm) y 8 (40-54 cm). En este mismo Cuadro (3.2), se describe de manera puntual el número de trozas por cada una de las categorías por especie.

### 3.5.4. Método de cubicación de trozas

De acuerdo con la Dirección General de Normas (1988), citado por Zavala y Hernández (2000), aun cuando en la industria de la madera es común utilizar reglas de cubicación con equivalencias de pies tabla, predominando la regla Doyle, oficialmente estos sistemas no se reconocen, por lo que en el presente estudio se determinó el volumen empleando para ello la fórmula Smalian (Hollock *et al.*, 1979) citados por Zavala y Hernández, (2000).

$$V = \frac{(B + b)}{2} L$$

Donde:

V= Volumen m<sup>3</sup>

B,b = áreas de las cabezas de las trozas, m<sup>2</sup>

L= Longitud, m.

Para determinar las dimensiones de las trozas, en longitud y en diámetro, se utilizó un flexómetro o cinta métrica; a cada una de las trozas de las diferentes categorías diamétricas, se les midió el diámetro con y sin corteza y se les tomo dos medidas en forma de cruz en cada extremo de la troza, y se obtuvo el valor promedio de cada extremo.

### 3.5.5. Numero de trozas en estudio y por especie

Tradicionalmente, en los estudios de evaluación del coeficiente de aserrío, se utiliza una muestra de 100 trozas al azar (SFF, 1978, citado por Zavala y Hernández, 2000), sin embargo, para el presente estudio no fue necesario emplear técnicas de muestreo estadístico, debido a que se procesó la población total de la trocería de ambas especies; esto se realizó de esta manera, para ser más precisos en los resultados y aproximación en cuanto a la transformación de madera en rollo a madera aserrada, y sobre todo para el cálculo y determinación de la rentabilidad de las plantaciones forestales comerciales. Es decir, no se pretendió inferir, sino definir de manera real la producción de madera aserrada y desperdicios que se generan en este proceso.

### 3.5.6. Coeficiente de aprovechamiento

El aserrío se llevó a cabo de acuerdo a cada una de las categorías diamétricas en forma ordenada de menor a mayor y por cada una de las especies en estudio. El coeficiente de aprovechamiento de las trozas procesadas se determinó por la relación madera aserrada entre el volumen de las trozas, empleando para ello unidades métricas y multiplicado por 100 para obtener valores en porcentaje.

En este punto es importante señalar que para la cuantificación de la madera aserrada se consideró también como tal a los subproductos tabletas y palillo, que se obtuvieron de dos maquinas tableteras con que cuenta el aserradero; esto de acuerdo a las políticas de producción en dicho aserradero, además con base a las características dimensionales de las trozas que se procesaron (cortas dimensiones), y así lograr el mayor nivel aprovechamiento de las mismas.

De esta forma, para el caso de *Tabebuia rosea* se obtuvo madera aserrada mill-run (diferentes dimensiones tanto en espesor, como anchos y largos) de las categorías 3, 4, y 5. En cuanto a las categorías 1 y 2, éstas fueron procesadas directamente en las maquinas tableteras, sin pasar por las maquinas principales del aserradero; solamente se obtuvieron tabletas de 1"x 2"x 2', 1"x 2"x 2.5' y palillo de 1"x 1"x 4' y 1"x 1"x 5' (Cuadro 3.7).

En relación *Enterolobium cyclocarpum*, que presentó 8 categorías diamétricas, todas fueron procesadas de la sierra principal a la sierra pendular y de ahí a las maquinas tableteras, aunque en algunas de las categorías diamétricas de la 4 a la 8 se contó con trozas de 8 y 6 pies de longitud. Se consideró importante no producir madera aserrada, debido a que éstas presentaron albura (capa blanda de la madera de los árboles, de color blanquecino, situada entre la corteza y el duramen) muy pronunciada y duramen muy reducido, aunque en algunas trozas éste fue muy amplio; se consideró aun tierno, y estas características no son muy atractivas para los industriales que usan este tipo de madera, cuyos argumentos son: para el caso de la albura, se dice que la madera es muy porosa y contiene gran cantidad de azúcares que son muy atractivos para ciertos insectos como la polilla, y en el peor de los casos, esta madera no es atractiva para trabajarla industrialmente.

En lo que se refiere al duramen (parte central, más seca, dura y oscura del tronco y de las ramas de un árbol) de acuerdo al personal técnico del aserradero, la madera que se puede obtener de éste, tiende a presentar torceduras y agrietamientos a lo largo de las tablas que se obtenga de trozas de árboles aún en etapas juveniles; en ambos casos una solución sería darle algún tratamiento de acuerdo al uso que se le pretenda dar, sin embargo esto elevaría los costos de producción. Por lo tanto, de esta especie solamente se obtuvo tabletas de 1" x 2" x 2', 1" x 2" x 2.5' y palillo de 1"x1"x 4' y 1"x1"x 5'. (Cuadro 3.8).



Por otra parte, se cuantificaron los materiales considerados como desperdicio; costaneras, recortes y aserrín, tanto los generados en la sierra principal, como provenientes de la desorilladora, péndulo y maquinas tableteras. Para el caso de costaneras y recortes se apilaron de tal forma que fuera fácil el poder medirlas, quedando como un cubo y se les tomó las dimensiones de grueso, ancho y altura con aproximación al metro (m).

Asimismo, para la cuantificación del volumen o desperdicio de aserrín se tomó como referencia un recipiente o caja de cartón cuyas mediadas se establecieron de igual manera (grueso, ancho y alto en m), cuantificando el número de cajas para definir el volumen que se desperdició por este concepto.

### **3.5.7. Procesamiento primario de aserrío**

Para el proceso de aserrío, se utilizó un aserradero con una torre para sierra banda de 4 pulgadas de ancho, carro porta trozas de hasta 6 metros de longitud, accionados por motores de energía eléctrica de 50 hp; una desorilladora con sierras circulares para sanear y dimensionar el ancho de las tablas, con motor eléctrico de 7.5 hp y un péndulo para sanear y dimensionar la longitud de las tablas, con motor eléctrico de 5 hp. Este aserradero utiliza sierras de 17 mm de espesor, volantes de 100 cm de diámetro y tiene una capacidad para procesar trozas de hasta 150 cm de diámetro y 6 m de longitud, con productividades de 15 m<sup>3</sup> de madera aserrada por día en turnos de 8 horas.

### **3.5.8. Procesamiento secundario de aserrío**

Para el aprovechamiento e industrialización de trozas de categorías diamétricas 1 y 2 (5-9 y 10-14 cm, respectivamente), así como los recortes obtenidos de la sierra principal, desorilladora y péndulo susceptibles de ser industrializados. Para tableta y palillo, se emplearon dos maquinas tableteras cuyas características son: Sierra cinta de 4" de ancho con 17 mm de espesor, con volantes de 100 cm de diámetro, accionadas por motor eléctrico de 20 hp y con capacidad de producción de 500 a 1000 tabletas y 1000 a 3000 palillos por turno de 8 horas, dependiendo de la habilidad de los operadores de cada maquina.

### **3.5.9. Efecto de categoría diamétrica**

De acuerdo al proceso de aserrío, y tomando en consideración las diferentes categorías diamétricas, y con el propósito de definir el coeficiente de aprovechamiento para cada una de éstas, se procedió a cuantificar el número y volumen de las trozas de cada una de las categorías y se relacionaron con la producción de madera y productos secundarios obtenidos, y sus respectivos materiales considerados como desperdicio (costaneras, recortes y aserrín).

### 3.6. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.6.1. Trocería y volumen procesado

El número total de trozas procesadas de ambas especies fue de 625, con un volumen de 26.76 m<sup>3</sup>r, de las cuales el 61.64 % (384 trozas) con volumen de 11.10 M<sup>3</sup>r, fueron de *Tabebuia rosea* y 38.56 % (241 trozas) cuyo volumen es de 15.66 M<sup>3</sup>r, de *Enterolobium cyclocarpum* (Cuadro 3.1). Para evaluar el proceso de transformación de madera en rollo a madera aserrada, se definieron cinco categorías diamétricas para *Tabebuia rosea* y siete para *Enterolobium cyclocarpum*. La amplitud del rango de las categorías diamétricas fue de 5 cm a partir de la categoría de 1 (5-9) hasta la 8 (40-44). (Cuadros 3.3 y 3.4).

Es importante señalar que, no obstante que el número de trozas de la especie *Tabebuia rosea* es mayor que el de la especie *Enterolobium cyclocarpum*, el volumen de esta última es mayor, debido a que presenta cierta cantidad de trozas con diámetros mayores y longitudes de 8 pies; además cuenta con dos categorías diamétricas más que la primer especie. (Cuadros 3.5 y 3.6)

#### 3.6.2. Impacto y distribución de trozas por categorías diamétricas por especie.

Con la finalidad de evaluar el efecto del diámetro de las trozas procesadas para determinar el coeficiente de aserrío, se agrupó la trocería por categorías diamétricas en las dos especies en estudio, resultando que para la especie *Tabebuia rosea* la mayor frecuencia diamétrica de trozas es de 36.98 %, la cual se distribuye en un rango de 10 a 14 cm de diámetro con un coeficiente de aserrío de 36.46 %, el 34.37 % corresponde a un rango de 15 a 19 cm con un coeficiente de aserrío de 29.77 %, el 19.01 % fue para el rango de 20 a 24 cm cuyo coeficiente de aserrío es de 32.72 %, el 5.20 % resulto para el rango de 5 a 9 cm, con 24.05 de coeficiente de aserrío y el 4.43 % para el rango 25 a 29 cm con 47.15 % de coeficiente de aserrío (Cuadro 3.3).

De acuerdo con Bailey (1973) y Fahey & Sachet (1993), el diámetro de las trozas es uno de los factores que tiene efecto directo en la calidad y cantidad de madera aserrada y señalan, que en la medida que aumenta el diámetro se incrementa el rendimiento y calidad de la madera, sin embargo como se observa en el Cuadro 3.3, para este caso la tendencia no se presentó de acuerdo a lo especificado por estos autores, ya que el coeficiente de aserrío de la categoría diamétrica 2 (10-14 cm) fue mayor que el coeficiente de aserrío de las categorías 3 (15-19 cm) y 4 (20-24 cm), respectivamente.

Lo anterior hace suponer que en este caso específico, el rendimiento de las trozas en proceso de aserrío, fue afectado por la longitud y conicidad de las trozas como lo señalan Binagorov (1984) y Wade (1992).

Por otro lado Fahey & Sachet (1993), describen que las trozas de pequeñas dimensiones, como es el caso del presente estudio, en comparación con trozas de mayores dimensiones, conduce a la reducción de los rendimientos en la producción e indicadores técnicos y económicos de los aserraderos, lo cual es parcialmente válido, pues realizando una óptima selección de maquinaria y equipo es posible reducir la influencia negativa de tales indicadores.

Por su parte, Fosado (1999), expresa que por muy sencillo que resulte un sistema de aserrío, son muchas las alternativas que se pueden presentar en toda la toma de decisiones y que no basta el conocimiento de diagramas de corte que logren máximos rendimientos; se necesita vincularlos con un grupo de requerimientos técnicos-económicos muy difíciles de coordinar eficientemente, los cuales pueden ser los siguientes: calidad del producto final, planes de producción por surtidos, especie a procesar, características de la maquinaria instalada, disponibilidad de materia prima y disponibilidad de tiempo en cada máquina.

En cuanto a la especie *Enterolobium cyclocarpum*, resultó que el mayor porcentaje de las trozas procesadas en el aserradero fue de 42.32 %, el cual se distribuye en un rango de 15 a 19 cm de diámetro con un coeficiente de aserrío de 39.04 %; el 21.57 % corresponde a un rango de 20 a 24 cm de diámetro con 46.04 % de coeficiente de aserrío; el 12.45 % resultó para un rango de 25 a 29 cm de diámetro con un coeficiente de aserrío del 49.00 %; el 9.54 % fue para un rango de 10 a 14 cm de diámetro con un coeficiente de aserrío del 42.82 %, y el 6.64, 4.15 y 3.32 % que se presentaron para los rangos de 30 a 34 cm, 40 a 44 cm y 35 a 39 cm de diámetro y sus correspondientes coeficientes de aserrío, cuyos valores son: 47.26 %, 59.00 % y 60.00 %, respectivamente (Cuadro 3.4).

A diferencia de la especie *Tabebuia rosea*, *Enterolobium cyclocarpum* presentó una tendencia muy parecida a lo señalado por Bailey (1973) y Fahey & Sachet (1993), en el sentido de que a medida que aumenta el diámetro se incrementa el rendimiento y calidad de la madera, sin embargo también se presentó una excepción que fue, para la categoría diamétrica 3 (15-19 cm), que debió haber resultado con un coeficiente mayor que la categoría 2 (10-14 cm). Por lo tanto, aquí nuevamente se cumple lo indicado por Binagorov (1984) y Wade (1992) en cuanto a la conformación o conicidad de las trozas procesadas (Cuadro 3.4).

Los diámetros de las categorías diamétricas de las dos especies en estudio, son relativamente pequeños, sobre todo los que corresponden a la especie de *Tabebuia rosea*; sin embargo conviene recordar que estas trozas provienen de un primer aclareo y podas que se le aplicó a los dos módulos de plantaciones forestales experimentales establecidas en El Municipio de La Huerta, Jalisco, y que no se les dio un manejo a su debido tiempo, lo cual generó que muchos de los árboles de estas especies no desarrollaran normalmente debido a la competencia que se presentó tanto por el espacio, luz y nutrientes.

Sin embargo, se consideró de gran relevancia el poder elaborar el estudio de transformación de madera en rollo a madera aserrada y obtener la información precisa y confiable para la elaboración del estudio de rentabilidad de las plantaciones forestales.

### 3.6.3. Madera en rollo procesada y madera aserrada recuperada

Para las dos especies forestales en estudio, en la Figura 3.2 se presenta el total de materia prima en rollo que ingresó al aserradero para su procesamiento industrial, con su correspondiente volumen total obtenido de madera aserrada.

Para la especie *Tabebuia rosea* ingresó al aserradero un total de 11.10 m<sup>3</sup> r y se obtuvo 3.77 m<sup>3</sup> de madera aserrada, considerando como madera aserrada las tablas, palillo o cuadrados para mango de escobas o tutores de algunos cultivos agrícolas; también tabletas de diferentes medidas, las cuales son empeladas para complemento de muebles. Las características de cada una de estos productos ya se describieron en el apartado de la metodología. Los volúmenes en rollo procesados y obtenidos se presentan en el Cuadro 3.7.

En relación a la especie *Enterolobium cyclocarpum*, ingresó al aserradero un volumen de madera en rollo de 15.66 m<sup>3</sup> y se obtuvo un volumen de madera aserrada de 7.72 m<sup>3</sup>. Aquí es importante mencionar que la totalidad de la madera obtenida fue tabletas de dos medidas 1"x 2"x 2' y 1"x 2"x 2.5', aunque la madera de esta especie presentó diámetros y longitudes mayores que la especie de *Tabebuia rosea*.

Como se mencionó en el apartado de la metodología, se consideró importante no producir madera aserrada, debido a que ésta presentó albura en abundancia y duramen muy reducido; aunque en algunas trozas éste fue muy amplio, se consideró aun tierno, y estas características no son muy atractivas para los industriales que usan este tipo de madera.

Para la determinación del coeficiente de aserrío se empleó la fórmula que describe Egas (1998), en la cual relaciona el volumen de madera aserrada obtenida entre la madera en rollo procesada multiplicado por 100 para obtener valores en porcentaje, resultando un coeficiente general de 34.03 % para la especie *Tabebuia rosea* y 49.03 % para la especie *Enterolobium cyclocarpum* (Cuadros 3.7 y 3.8).

Estos resultados, como señala Quiros *et al.*, (2005), sugieren que en madera de pequeñas dimensiones, obtenida de los primeros aclareos comerciales, tal como se utilizó en el presente estudio, sobre todo para la especie *Tabebuia rosea*, el 65.97 % del volumen de madera en rollo corresponde a productos denominados desperdicios, tales como costeras, recortes y aserrín, los cuales no son aprovechados en usos comerciales.

Zavala y Hernández (2000), afirman que, en general, en la mayoría de los aserraderos los subproductos llamados desperdicios (costeras, recortes y aserrín) no se cuantifican, y que sin embargo, por la importancia que están adquiriendo para la industria de tableros aglomerados y la de celulosa y papel, en este estudio sí fueron cuantificados estos subproductos, resultando proporciones porcentuales importantes, tales como; 49.20 % para costeras y recorte y 12.25 % que le correspondió al aserrín.

Para el caso de la especie *Enterolobium cyclocarpum*, se puede considerar como un valor en su coeficiente de aserrío aceptable, no obstante de tratarse de trozas de cortas dimensiones, sin embargo los subproductos llamados desperdicios también son considerables, resultando el 40.92 % para corteza y recorte y 9.38 % para el aserrín. Al respecto, Carrillo (2001), menciona que los residuos en la industria son generalmente mayores a lo que registran las estadísticas de las industrias, ya que estas no establecen una relación real entre el volumen de madera en troza que procesan y el volumen de madera aserrada, ya que siempre usan una cubicación que subestima el volumen en troza (método del mecate); sin embargo, haciendo una relación entre m<sup>3</sup> en troza y m<sup>3</sup> aserrado real, el porcentaje de residuos alcanza hasta un 55%, de los cuales un 15 a 20 % es aserrín un 20 a 25% costillas, 5 a 10% despunte y 3 a 5 % burucha.

Esto es muy similar a lo expuesto por Zavala (1996) y (1997) en relación a los volúmenes procesados de trozas en aserraderos, en donde resultaron 55 a 61 % de madera aserrada y un 20 a 30 % de costeras y recortes y un 13 a 22 % de aserrín; sin embargo, los resultados del presente estudio en ambas especies, el porcentaje de madera aserrada fue menor y por lo tanto los subproductos costaneras y aserrín resultaron mayores; esto debido a que se trata de madera en rollo de cortas dimensiones.

En los Cuadros 3.5 y 3.6 se presenta la distribución porcentual de la trocería procesada en el aserradero, en cuanto a la longitud en pies rollo con su correspondiente categoría diamétrica. El resultado es que para la especie *Tabebuia rosea*, de las 384 trozas procesadas, el 59.37 % fue para la longitud de 4 pies, el 16.66 % para la longitud de 5 pies, el 15.36 % para 2 pies, 8.07 % para 3 pies y solamente el 0.52 % para las trozas de 6 pies. Lo anterior muestra lo reducido de las longitudes de este trocería; además, conviene resaltar que para efectos industriales las longitudes de trocería que son normalmente comerciales son las de 4, 6 y 8 pies, sin embargo en este caso se aprovecharon las longitudes de 3 y 2 pies para la elaboración de productos tales como las tabletas que se comercializan para complementar algunos tipos de muebles (sillas, mesas, etc.).

En relación a *Enterolobium cyclocarpum*, los resultados muestran que de las 241 trozas procesadas, 49 % se agrupó en la longitud de 4 pies, el 28.21 % correspondió a las trazas de 3 pies, el 12.45 % presentó longitudes de 8 pies, el 7 % para trozas de 2 pies y el 2 y 1 % fueron para las trozas con longitudes de 5 y 1 pies, respectivamente (Cuadro 3.6).

Es importante mencionar que, independientemente de que esta especie resultó con un número mayor de categorías diamétricas, el coeficiente de aserrío fue mayor que el de *Tabebuia rosea*, por el efecto de las trozas que presentaron mayor longitud en *Enterolobium cyclocarpum*; además de que las trozas de ésta última, fueron pocos los cortes efectuados en la sierra principal, debido a que no se obtuvo madera aserrada en tablas; esto generó que resultara menor cantidad de desperdicio. Lo anterior no significa que los resultados sean los mejores, en cuanto a ganancias económicas, pero si para algunos aspectos técnicos e industriales.

### 3.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El valor promedio del coeficiente de aserrío nominal para las dos especies en estudio, fue de 34.03 % para la *Tabebuia rosea* y 49.03 % para *Enterolobium cyclocarpum*; sin embargo, tomando en consideración los refuerzos y excesos de refuerzos, los valores son más amplios, como es el caso de *Tabebuia rosea*, que resultó con coeficiente de aserrío real de 39.0 %, lo que significó una diferencia del 5 %. Esto indica que del 5 al 10 % de la madera que se procesa, se pierde por los excesos en los refuerzos, tanto en tablas como en productos secundarios (cuadrado o palillo para mango de escoba, tabletas para muebles de diferentes medidas, etc).

Los resultados muestran la necesidad de buscar mejores opciones de aserrío de madera en rollo de cortas dimensiones, que provienen del primer aclareo de las plantaciones forestales e incrementar el grado de utilización de la materia prima, así como de buscar la diversificación de productos que se puedan obtener y sean de interés para la industria y, por ende, un mejor aprovechamiento del recurso forestal.

*Tabebuia rosea*, solamente en tres categorías diamétricas (3, 4 y 5) produjo madera aserrada en tablas de cortas dimensiones, esto debido a que las dos primeras (1 y 2) se procesaron directamente de la sierra principal a las maquinas tableteras (2) y la categoría 1 paso directamente a la maquina tabletera. Para el caso de *Enterolobium cyclocarpum*, toda la madera en rollo de las 8 categorías diamétricas se empleó para la producción de tableta para muebles y palillo para mango de escoba y tutores. Esto debido a que la gran mayoría de las trozas no se consideraron aptas para producción de madera aserrada, en tablas.

Las proporciones de corteza y recorte del 49.26 % en *Tabebuia rosea* y 40.95 % en *Enterolobium cyclocarpum* se consideran un volumen significativo de material considerado como desperdicio, el cual no es aprovechado y que pudiera servir como materia prima para otras industrias, tales como aglomerados y de celulosa, como lo señalan algunos autores citados en este trabajo. El porcentaje de aserrín, 9.42 % para *Enterolobium cyclocarpum* y 12.25 % en *Tabebuia rosea* también es un valor importante, el cual se puede utilizar como combustible y otros usos industriales importantes como elaboración de tableros comprimidos, entre otros.

Un aspecto muy importante en la realización del estudio, consistió en no interrumpir las actividades cotidianas que el personal del aserradero hace de manera normal, sin considerar que se está llevando a cabo dicho estudio, a efecto de poder obtener información real y confiable de la eficiencia y productividad del aserradero, por lo tanto los valores de los resultados obtenidos son de acuerdo a las faenas cotidianas y no recomendadas para evaluar el estudio, esto indica la factibilidad de mejorar y hacer más eficiente la productividad de este aserradero.

Con base a los valores que se obtuvieron del coeficiente de aserrío de ambas especies, no se presentó una clara tendencia de aumento en el mismo, de acuerdo al incremento en el diámetro de cada categoría diamétrica, lo que hace suponer que las longitudes de la trozas presentaron influencia directa en el rendimiento de producción. Por este motivo, se recomienda que en estudios posteriores se incluyan trabajos de investigación en relación con la variación de la longitud de la trocería.

Es muy importante incrementar el coeficiente de aserrío, en base a estudios relacionados con diferentes sistemas o diagramas de corte en la trocería y, sobre todo, considerando las dimensiones de los productos aserrados, de tal manera que no lleve excesos de refuerzos en sus tres dimensiones.

El efecto del diámetro y longitudes de las trozas sobre el rendimiento, obliga a pensar en la necesidad del perfeccionamiento del aserrado de trozas de pequeñas dimensiones; por lo tanto, es importante y recomendable que se busque la manera de poder introducir a la industria de aserrío, aserraderos portátiles y semi portátiles, debido a que estos aserraderos, presentan sierras principales de aserrío de menor calibre o espesor y esto podría ser un factor importante para reducir el desperdicio de madera y ser más eficiente en el proceso de transformación de madera en rollo a madera aserrada.

El manejo silvícola adecuado o mal aplicado de las plantaciones forestales, estará reflejado en la productividad y rentabilidad de las mismas, es decir, si la plantación fue manejada adecuadamente, debieron haberse realizado aclareos y podas en tiempo y forma, de acuerdo a la especie, a fin de evitar competencia entre los árboles por luz y nutrientes, con el fin de lograr individuos más vigorosos y con mejores crecimientos, tanto en altura como en diámetro. Así mismo, las podas con el propósito de ir conformando los fustes del arbolado y obtener mayor producción en volumen de madera.

En el presente estudio, no obstante que se observó un manejo deficiente en la plantación de estudio, los resultados no son considerados malos, sobre todo para el caso de *Enterolobium cyclocarpum* cuyo coeficiente fue del 49 %, muy similar a la mayoría de los trabajos que se han realizado respecto a este tema. Sin embargo, en donde se reflejó la falta de un eficiente manejo de plantación fue con *Tabebuia rosea*, que aunque presenta características diferentes en cuanto al crecimiento, el bajo coeficiente de transformación (34 %) de alguna manera se vio afectado por esta razón.



### 3.8. LITERATURA CONSULTADA

1. Bailey, G.R. 1973. Lumber grade recovery from straight aspen logs. *Forest Prod. J.* 23(4):47-54.
2. Bertrand I. & Prabhakar M. (1990). *Control de calidad. Teoría y aplicaciones.* Ed. Díaz de Santos S.A. Madrid.
3. Binagorov, G. S. (1984). *Tecnología del aprovechamiento forestal.* Editorial Industria Forestal. Moscú. p 201-2002
4. Binagorov, G. S. (1984). *Tecnología del aprovechamiento forestal.* Editorial Industria Forestal. Moscú. pp 201-2002.
5. Brown, A.G. y R.G. Miller. 1975. Effect of sweep on sawn recovery from radiate pine logs. *Can. For. Ind.* 93(12):28-29.
6. Brown, T. D. (1979). Determining lumber target sizes and monitoring sawing accuracy. *Forest Product Journal.* 29 (4): 48-54
7. Brown, T. D. (1986). *Lumber size control.* Forestry Business. College of Forestry. Oregon State University. USA. 16 pp.
8. Carrillo O. 2001. *Mercadeo e industrialización de madera proveniente de plantaciones forestales. Situación de la industria forestal Costarricense.* FAO. TCP/COS/006(A) 69 p.
9. Casado, M. M. (1997). *Tecnología de las industrias forestales. Tomo I. Serie Forestal 26.* Universidad de Valladolid. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. 191 p.
10. Clark, A.III., A.M. Taras y G.J. Shroeder. 1974. Predicted green lumber and residue yields from the merchantable stem of yellow-poplar. USDA. *For. Ser. Res. Pap. SE-119*, 15 p.
11. Denig, J. (1990). *Control de la calidad en aserraderos de pino del sur.* North Carolina Cooperative Extension Service. 47 p.
12. Dirección General de Normas (DGN). 1986. *Norma Mexicana NMX-C-18-1986. Industria de la Construcción. Tablas y Tablones de Pino. Clasificación.* DGN. SECOFI. México. 16 p.
13. Dobie, J. 1966. Log taper related to lumber production. *B.C. Lumberman.* 48(5): pp 80-85.

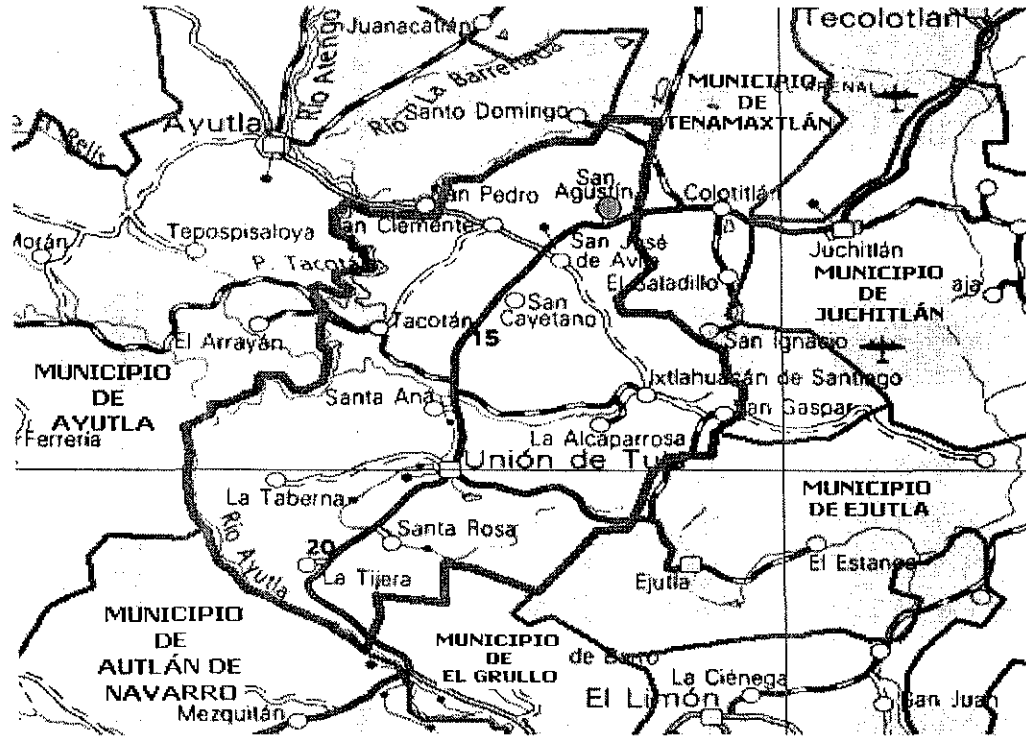
14. Dobie, J. y D.M. Wright. 1975. Conversion factors for the forest products industry in Western Canada. West. For. Prod. Lab. Inf. Rep. XP-X-97, Vancouver, B. C. Canadá. 7 p.
15. Egas, A, F. (1998). Consideraciones para elevar los rendimientos en aserraderos con sierras de banda. Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río, Cuba. 100 p.
16. Fahey, T. D. & Sachet, J. K. (1993) Lumber recovery of ponderosa pine in Arizona and New México. USDA Forest Service Paper PNW-RP-467. Pacific Northwest Research Station. Portland, Oregón. 18 pp.
17. Fosado, O. (1999). Tratamiento económico matemático de la planificación operativa del proceso de aserrado de la madera. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río. Pinar del Río, Cuba. 100 pp.
18. García, L; Guindeo, A; Peraza, C & De Palacios, P. (2002). La madera y su tecnología. Fundación Conde del Valle de Salazar y Ediciones Multiprensa. AITIM. Madrid, España 322 p.
19. García, R., J.D., L. Morales Q. y S. Valencia M. 2001. Coeficientes de aserrío para cuatro aserraderos banda en el Sur de Jalisco. Foresta-AN. Nota técnica No. 5. UAAAN, Saltillo, Coah. 12 p.
20. Gobierno del estado de Jalisco. 2007. (<http://www.e-local.gob.mx/work/templetes/enciclo/jalisco/mpios/> consultado 29 de Enero 2007.).
21. Hallock, H., P. Steele y R. Selin. 1979. Comparing lumber yields from boardfoot and cubically scale logs. USDA For. Serv. Res. Pap. FPL 324. Madison, WI. EUA. 17 p.
22. Kerbes, E. L. y J. A. McIntosh. 1968. Some relationship between exterior log characteristics and lumber recovery values for samples of B.C. interior spruce. WFPL. Inf. Rep. VP-X-41. 19 p.
23. Okay, R. (2001). Sawing characteristics and mechanical strength properties of branchwood of some Ghanaian timber species from sustainable managed forest. ITTO. Fellowship Report: Ref. 064/98A. 30 p.
24. Patterson, D., H. Wiant, Jr. & G. B. Wood (1993). Comparison of the centroid method and taper systems for estimating tree volumes. North. J. Appl. For. 10 (1): pp 8-9.
26. Phillips, D.R y J.G. Schoeder. 1975. Predicted green lumber and residue yields from the merchantable stem of shortleaf pine. USDA For. Ser. Res. Pap. SE-128, 12 p.

28. Pnevmaticos, S.M., I.B. Flann, y F.J. Petro. 1971. How log characteristics relate to sawing profit. *Can. For. Ind.* 91(1):pp 40-43.
29. Quirós, R.; Chinchilla, O. y Gómez, M. 2005. Rendimiento de Aserrío y procesamiento primario de madera proveniente de plantaciones forestales. *Agronomía Costarricense*. 002 (29) pp 7-15.
30. Rodríguez, C.R. 1978. Coeficientes de refuerzo y aserrío en la práctica mexicana de producción de madera. *Madera y Bosques* 2000 6(2):pp 41-55.
31. Romahn, de la V. C. F., Ramírez, M. H. y Treviño, G. J. L. 1987. Dendrometría. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 387 p.
32. Steele, S and F. Wagner (1990). A model to estimate regional softwood sawmill conversion efficiency. *Forest Products Journal*. 40 (10): pp 29-34
33. Subsecretaria Forestal y de la Fauna (SFF). 1978. Disposiciones sobre coeficientes de aserrío y usos de refuerzos. México. Subsecretaria Forestal y de la Fauna . Dirección General de Control y Vigilancia Forestal. Circular 2/78. 3 p.
34. Todoroki, C (1995). Log rotation effect on carriage sawing of sweep logs. *New Zealand Journal of Forestry Science* 25 (2): pp 246-255.
35. Zavala Z., D. 1981. Analysis of the sawmilling practices in the State of Durango, México. Thesis of Master of Science. The University of British Columbia, Vancouver, B.C. Canadá. 91 p.
36. Zavala, Z. D. (1991). Manual para el establecimiento de un sistema de control de la variación de refuerzos en madera aserrada. Serie de apoyo académico. 44. Universidad Autónoma Chapingo. México. 50 p.
37. Zavala Z., D. 1994. Control de calidad en la industria se aserrío y su recuperación económica. INIFAP. Bol. Téc. No. 115. Coyoacán, D.F. México. 48 p.
38. Zavala Z., D. 1995. Interrelación de las características de la trocería con el coeficiente de aprovechamiento en aserraderos banda. Universidad Michoacana, de San Nicolás de Hidalgo. *Revista Ciencia y Tecnología de la Madera* 6: pp 3-14.
39. Zavala Z., D. 1996. Coeficientes de aprovechamiento de trocería de pino en aserraderos banda. *Ciencia Forestal* 21 (79): pp165-181.

40. Zavala, Z. D. y Hernández, C. R. (2000). Análisis del rendimiento y utilidad del proceso de aserrío de trocería de pino. *Madera y Bosques* 6(2): pp 41.55.
41. Wade, M. T. (1992). Estimating hardwood sawmill conversion efficiency based on sawing machine and log characteristics. *Forest Products Journal* 42 (11-12): 21-26 pp.

### 3.9. FIGURAS

Figura 3.1. Localización geográfica del área de estudio



● = Poblado de San Agustín

Figura 3.2. Madera en rollo procesada y madera aserrada obtenida por especie.

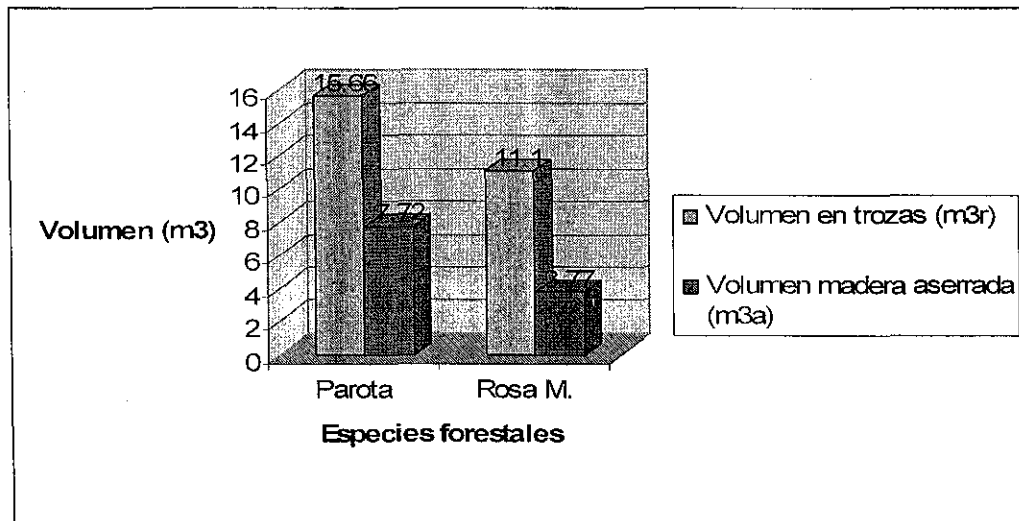
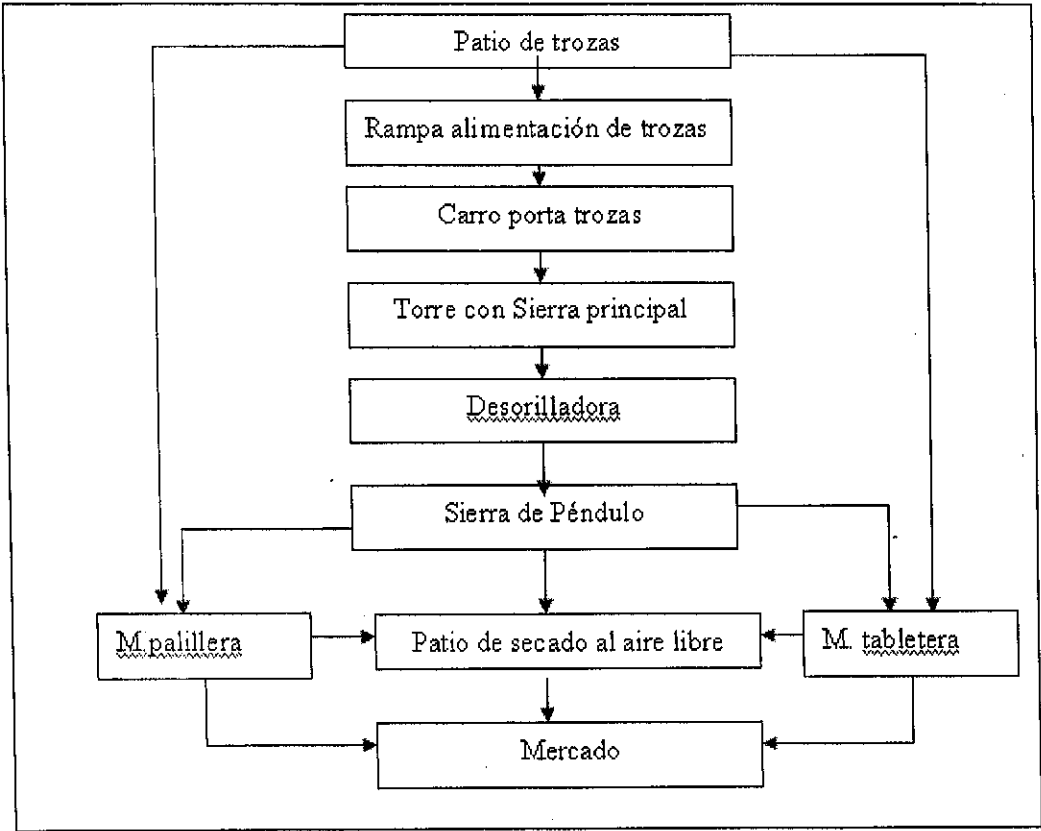


Figura 3.3. Flujo general del proceso de aserrío del Aserradero en donde se realizó en estudio.



### 3.10. CUADROS

Cuadro 3.1. Características principales de trozas procesadas en aserradero

Especie	No trozas	Vol. M3r	Diámetro promedio De trozas (cm)			Longitud (m)	
			Mínimo	Medio	Máximo	Mínima	Máxima
*Rosa M.	384	11.102	15.7	20.0	24.6	0.87	1.63
**Parota	241	15.659	23.2	32.4	41.6	1.20	2.24

\* = *Tabebuia rosea*

\*\* = *Enterolobium cyclocarpum*

Cuadro 3.2. Categorías de diámetros de las trozas en estudio

Categorías	Diámetros (cm)	No. De trozas	
		Parota**	Rosa M.*
1	5-9		20
2	10-14	23	142
3	15-19	102	132
4	20-24	52	73
5	25-29	31	15
6	30-34	16	2
7	35-39	8	
8	40-44	7	
9	45-49	2	
10	50-54	1	

\* = *Tabebuia rosea*

\*\* = *Enterolobium cyclocarpum*

Cuadro 3.3. Impacto del diámetro de las trozas en el coeficiente de aserrío de *Tabebuia rosea*

Categoría diamétrica (cm)	No trozas	Frecuencia diamétrica (%)	Coefficiente de aserrío (%)
1 (5-9)	20	5.20	24.05
2 (10-14)	142	36.98	36.46
3 (15-19)	132	34.37	29.77
4 (20-24)	73	19.01	32.72
5 (25-29)	17	4.43	47.15

Cuadro 3.4. Impacto del diámetro de las trozas en el coeficiente de aserrío de *Enterolobium cyclocarpum*

Categoría diamétrica (cm)	No trozas	Frecuencia diamétrica (%)	Coefficiente de aserrío (%)
2 (10-14)	23	9.54	42.82
3 (15-19)	102	42.32	39.04
4 (20-24)	52	21.57	46.04
5 (25-29)	30	12.45	49.00
6 (30-34)	16	6.64	47.26
7 (35-39)	8	3.32	60.00
8 (40-44)	10	4.15	59.00

Cuadro 3.5. Número de trozas y distribución porcentual en relación a la longitud, por categoría diamétrica de la especie *Tabebuia rosea*.

Categoría Diamétrica (cm)	Número de trozas	Longitud de trozas (pies rollo)											
		8		6		5		4		3		2	
		No	%	No	%	No	%	No	%	No	%	No	%
1 (5-9)	20					5	25.00	9	45.00	5	25.00	1	5.00
2 (10-14)	142					16	11.27	87	61.00	9	6.34	30	21.12
3 (15-19)	132			2	1.51	23	17.42	76	57.60	13	9.89	18	13.67
4 (20-24)	73					15	20.55	45	61.64	4	5.5	9	12.33
5 (25-29)	17					5	29.41	11	64.71	0	0	1	5.88
Total =	384			2		64		228		31		59	
					0.52		16.66		59.37		8.07		15.36



Cuadro 3.6. Número de trozas y distribución porcentual en relación a la longitud, por categoría diamétrica de la especie *Enterolobium cyclocarpum*.

Categoría Diamétrica (cm)	Número de trozas	Longitud de trozas (pies rollo)													
		8		6		5		4		3		2		1	
		No	%	No	%	No	%	No	%	No	%	No	%	No	%
2 (10-14)	23					3	13.04	6	26.08	9	39.13	5	21.74		
3 (15-19)	102	1	0.98			2	1.96	53	51.96	31	30.39	12	11.76	3	2.94
4 (20-24)	52	5	9.61					30	57.69	17	32.69				
5 (25-29)	30	10	33.33					17	56.66	3	10.00				
6 (30-34)	16	6	37.50					6	37.50	4	25.00				
7 (35-39)	8	4	50.00					4	50.00						
8 (40-44)	10	4	40.00					2	20.00	4	40.00				
Total =	241	30				5		118		68		17		3	
			12.45				2.07		48.96		28.21		7.05		1.24

Cuadro 3.7. Información general del coeficiente de aserrío de la especie *Tabebuia rosea*

Categoría Diamétrica (cm)	Madera en Rollo Procesada (M3)	No. de trozas	Coeficiente de aserrío (%)	Madera aserrada Obtenida (M3)				Desperdicio					OBSERVACIONES
				Madera Aserrada Miltun (M3)	Pálido para mango escoba o tuques (M3)	Tablita dos medias (M3)	Total (M3)	Corteza (M3)	Recorte (M3)	Aserrín (M3)	Resaca (M3)	Total (M3)	
1 (5-9)	0.16352498	20	24.05		0.01968667	0.01968667	0.03937334	-----	0.1134	0.0081204	0.00265254	0.12419165	Se incluye el refuerzo
2 (10-14)	2.09486291	142	36.46		0.39333333	0.37052	0.76385333	0.6875	0.147	0.45125	0.043543576	1.331	Se incluye el refuerzo
3 (15-19)	3.86084325	132	29.77	0.10698667	0.60689333	0.23954	1.18522	0.6812	1.57132	0.953608	0.10927477	2.72590277	Se incluye el refuerzo
4 (20-24)	3.62786578	73	32.72	0.60416	0.45233333	0.13058667	1.18708	1.1562	0.72975983	0.412776	0.14751696	2.44025379	Se incluye el refuerzo
5 (25-29)	1.33442816	17	47.15	0.44594333	-----	0.18329334	0.62913667	0.198	0.1815	0.13444704	0.19076722	0.7048	Aquí se incluyen dos trozas de la categoría 6
Total =	11.1017245	384	176.15	1.05909333	1.67402666	0.94160468	3.77462334	2.7329	2.73667983	1.36940144	0.49346597	7.32554721	
Promedio =			34.83										

Cuadro 3.8. Información general del coeficiente de aserrío de la especie *Enterolobium cyclocarpum*.

Categoría Diamétrica (cm)	Madera en Rollo Procesada M <sup>3</sup>	Nº. de trozas	Coeficiente de aserrío (%)	Madera aserrada Obtenida (M <sup>3</sup> )				Desperdicio					OBSERVACIONES
				Madera aserrada (M <sup>3</sup> )	Pajilla para mango escoba o tutores (M <sup>3</sup> )	Tablita de medidas (M <sup>3</sup> )	Total (M <sup>3</sup> )	Corteza (M <sup>3</sup> )	Recorte (M <sup>3</sup> )	Aserrín (M <sup>3</sup> )	Resiaca (M <sup>3</sup> )	TMB (M <sup>3</sup> )	
2 (10-14)	0.43542083	23	42.82			0.18644	0.18644	0.1792		0.01701	0.0517371	0.24896083	
3 (15-19)	2.71961342	102	39.04			1.062	1.062	0.759375	0.7086	0.169		1.656975	
4 (20-24)	2.6547812	52	46.07			1.22326665	1.22326666	0.77	0.44068	0.222		1.43268	
5 (25-29)	2.98132244	30	49.00			1.4573	1.4573	0.488	0.7296	0.308205		1.523805	
6 (30-34)	2.38445751	16	47.26			1.1209	1.1209	0.31968	0.543406	0.2936		1.256886	
7 (35-39)	1.7151306	8	60.00			1.02858067	1.02858067	0.16875	0.4005	0.1173111		0.685611	
8 (40-44)**	2.76892652	10	60.00			1.63233334	1.63233334	0.23985	0.6685	0.228		1.13635	Aquí se incluyeron las categorías 9 y 10.
<b>Total *</b>	<b>15.6598525</b>	<b>231</b>				<b>7.71680667</b>	<b>7.71680667</b>	<b>2.322855</b>	<b>3.491288</b>	<b>1.4751261</b>	<b>0.0517371</b>	<b>7.94393993</b>	
<b>Promedio *</b>			<b>49.93</b>										

### 3.11. APENDICE

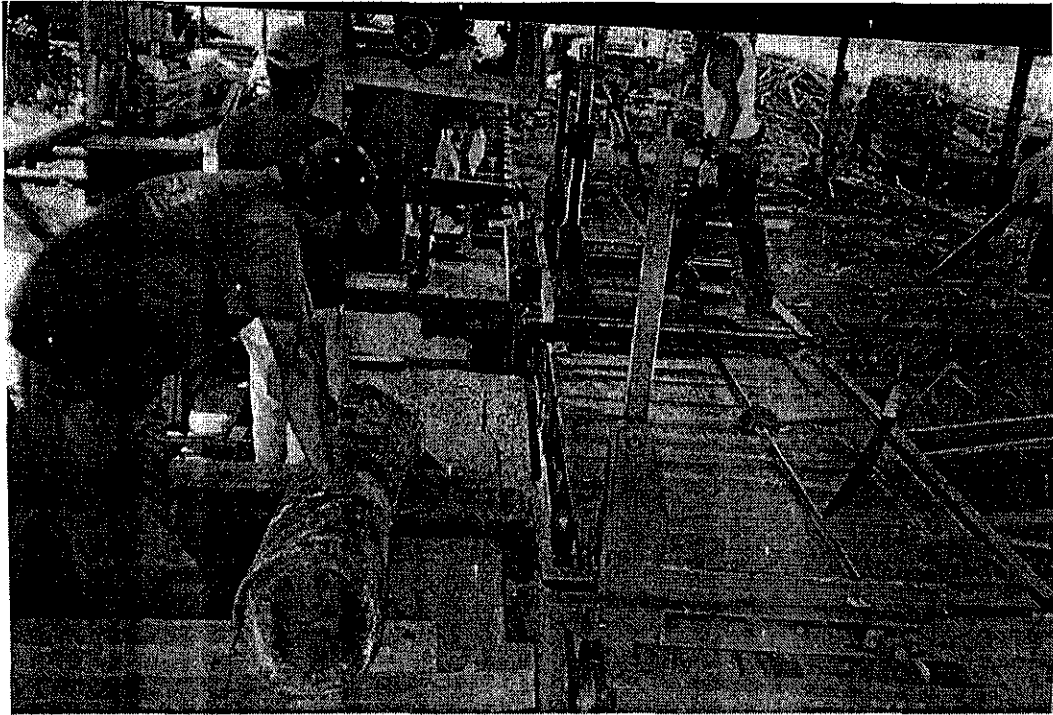


Apéndice 3.1. Patio de madera en rollo del Aserradero San Agustín

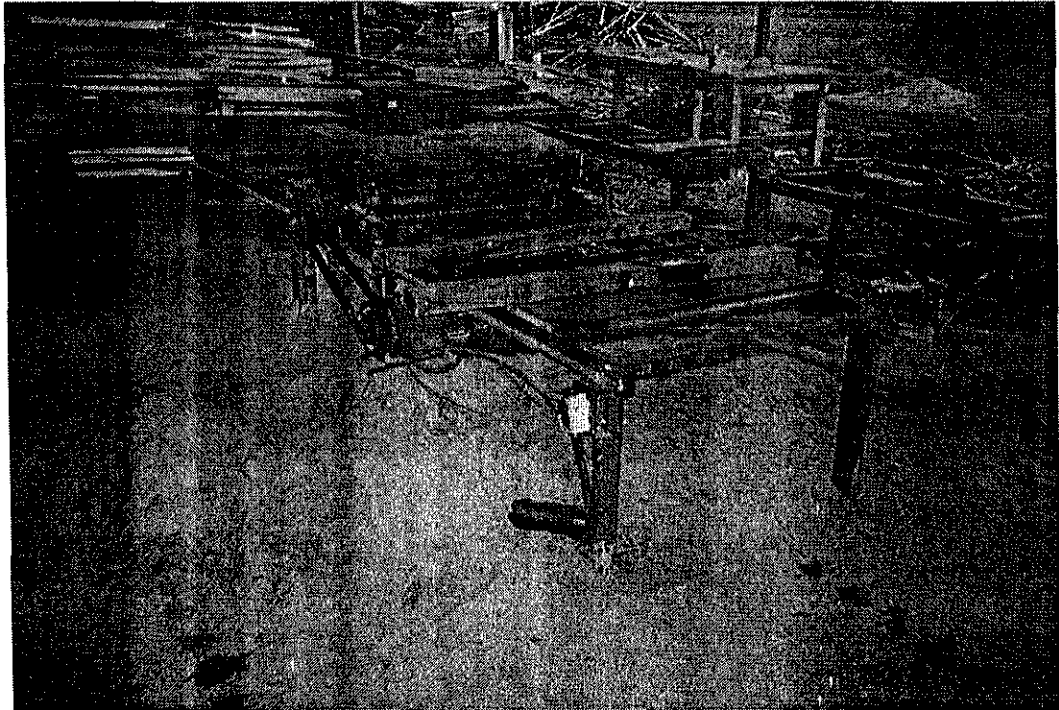


Apéndice 3.2. Patio y Rampa de alimentación de trozas del aserradero San Agustín

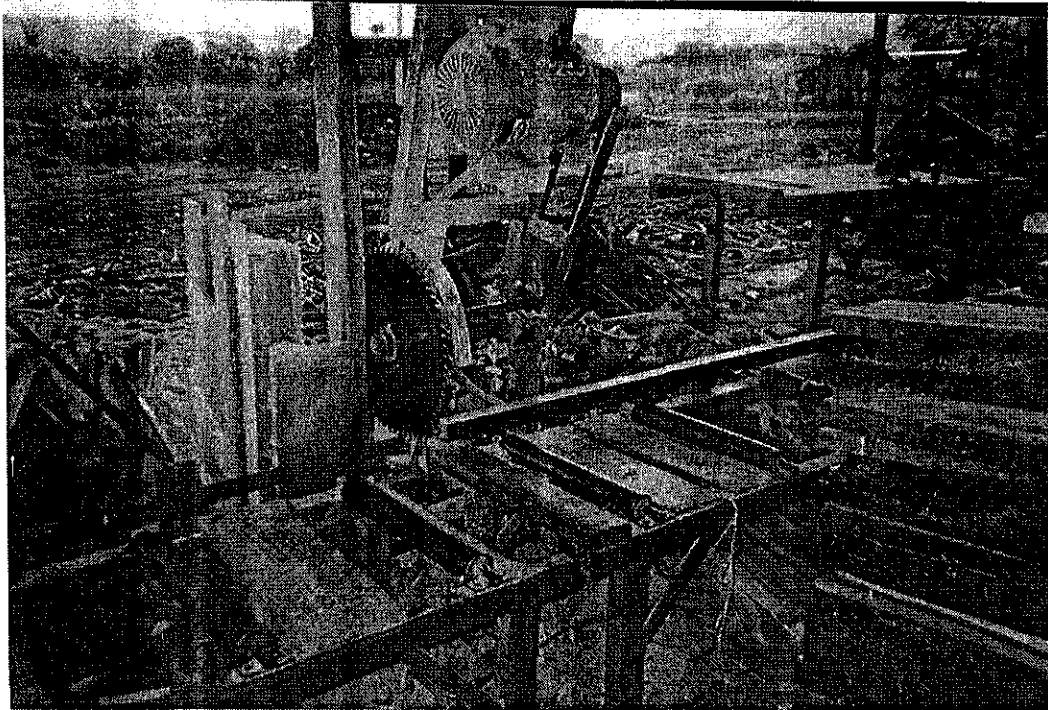
Apéndice 3.3. Carro porta trozas y Torre con sierra principal del Aserradero San Agustín



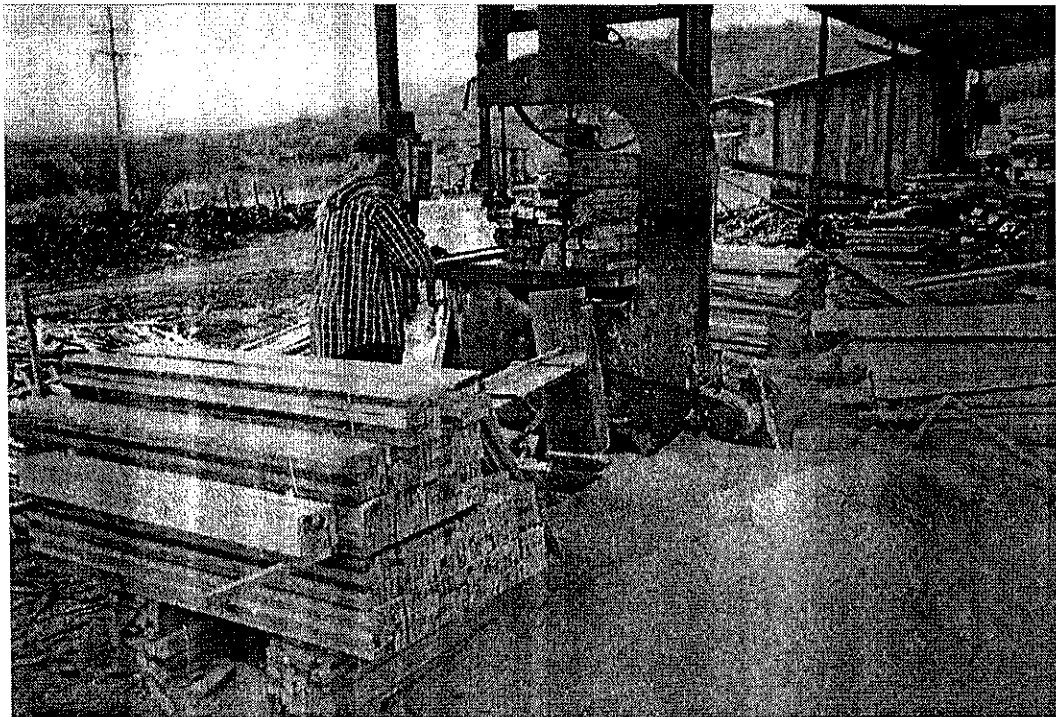
Apéndice 3.4. Maquina desorilladora o canteadora del Aserradero San Agustín



Apéndice 3.5. Sierro de péndulo o cabeceadora del Aserradero San Agustín



Apéndice 3.6. Maquina palillera y tabletera del Aserradero San Agustín



Apéndice 3.7. Madera aserrada obtenida en el proceso de aserrío de *Tabebuia rosea*.



Apéndice 3.8. Tableta para mueble obtenida en el proceso de aserrío



## CAPITULO 4

### ESTIMACION DE BIOMASA Y CARBONO DE LAS ESPECIES *Enterolobium cyclocarpum*, *Swietenia macrophylla*, *Tabebuia rosea*, *Cedrela odorata*, *Tectona grandis* y *Gmelina arborea* EN JALISCO.

#### RESUMEN

En el Sitio Experimental denominado "Costa de Jalisco" del Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro (CIRPAC), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), se seleccionaron y derribaron 15 árboles de *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Tabebuia rosea*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Tectona grandis* y *Gmelina arborea*. Se determinó la biomasa y carbono en el estrato aéreo, para ajustar modelos de regresión del tipo  $Y = bX^k$ , tomando como variable independiente el diámetro normal (X) y seleccionando aquellos que mejor se ajustaron a los datos de cada una de las especies en estudio. Se tomaron muestras del fuste, ramas (Brazuelo y leña) y follaje de cada uno de los árboles seleccionados de las diferentes especies. En campo se determinó el peso fresco tanto de las muestras, así como de cada uno de los componentes, las muestras fueron llevadas al laboratorio para ser secadas en equipo especializado para esta actividad y obtener el peso seco, para que posteriormente se pudiera estimar la biomasa total de cada árbol de las seis especies en estudio, usando la relación peso seco: peso fresco de las muestras. Para estimar la biomasa y carbono se ajustaron y generaron ecuaciones de regresión tipo polinomial y potencial. De manera global incluyendo las seis especies, la estimación y distribución de la biomasa por árbol fue de 67% (93.36 kg) para el fuste, 14% (19.43 kg) para el brazuelo, 13% (17.36 kg) para ramas denominadas leña y 6% (8.56 kg) para el follaje. Particularmente la biomasa promedio que se obtuvo por árbol para *Tectona grandis* resultó ser de 259 kg, *Gmelina arborea* 212 kg, *Enterolobium cyclocarpum* 199 kg, *Tabebuia rosea* 104 kg, *Cedrela odorata* 34 kg y *Swietenia macrophylla* 26 kg. Asimismo al peso seco de cada componente del árbol se le aplicó un índice de captura de carbono del 0.4269, propuesto por Jo y McPherson, (1995), determinándose con ello el potencial de captura de carbono atmosférico de las plantaciones forestales con las especies anteriormente señaladas, en las condiciones del municipio de la Huerta, Jalisco, cuyos resultados fueron los siguientes: el 67% (40 Kg) del carbono para el fuste, el 14% (8 kg) para el brazuelo, 13% (7 kg) le correspondió a la parte denominada leña y el 6% (4 kg) para el follaje. La concentración promedio por árbol fue de 59%.

#### 4.1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático genera en gran medida el calentamiento global de la tierra, el cual es provocado por la concentración de los gases denominados de efecto invernadero, entre los que destacan: el bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano, el óxido nitroso, el ozono, el bióxido de azufre y los clorofluorocarbonados. De entre los gases citados, el CO<sub>2</sub> ha incrementado su concentración desde 1860 a la fecha (280 hasta 360 ppm). El efecto provocado por la alta concentración de estos gases en la atmósfera, es porque la mayor parte de radiación infrarroja recibida en la tierra proveniente del sol y que debía ser reemitida al exterior, se queda atrapada, provocando que se eleve la temperatura de la superficie de nuestro planeta (IPCC, 2007).

La deforestación y la degradación forestal son factores importantes para el cambio climático regional y global, puesto que producen emisiones netas de dióxido de carbono. Además de que generan grandes problemas locales y regionales, como el incremento de la erosión y el abatimiento de los mantos acuíferos, entre otros. Sin embargo, se ha estimado que, combinando estrategias de conservación forestal con proyectos de reforestación en todo el mundo, los bosques podrían resultar un sumidero neto de carbono durante los próximos cien años, permitiendo reducir de 20 a 50% de las emisiones netas de dióxido de carbono a la atmósfera (Maser *et al.*, 2000).

Una estrategia a nivel mundial para revertir este proceso implica el establecimiento y recuperación de zonas forestales, si se toma en cuenta la capacidad de los árboles para fijar y reducir el CO<sub>2</sub>. Actualmente, en México se empiezan a reconocer los servicios ambientales, los cuales desempeñan un papel importante dentro del marco del aprovechamiento y conservación de los recursos naturales. Uno de estos servicios es la captura de carbono que tiene lugar en los diversos tipos de ecosistemas silvestres en el país. En el caso de ecosistemas inducidos o cultivados, como son áreas de forestación, es también importante considerar la captura de carbono que en ellos tiene lugar. Sin embargo en el país aun es muy incipiente la investigación relacionada con este tema, por lo que en este marco, se considera de gran importancia la información que se generó en este trabajo de investigación, sobre todo de la biomasa y captura de carbono de especies forestales tropicales.

Tomando este marco de referencia, se generó información sobre la capacidad de diferentes especies forestales tropicales para contribuir a la captura de CO<sub>2</sub> vía fotosíntesis y ayudar a disminuir la concentración de este gas. El estudio se realizó en plantaciones forestales establecidas en el estado de Jalisco, específicamente en el municipio de La Huerta. El área objeto de estudio se compone de dos módulos experimentales de 1.8 ha cada uno, en los cuales se tienen establecidas seis especies forestales; *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla*, *Tabebuia rosea*, *Enterolobium cyclocarpum* como especies nativas y *Gmelina arborea* y *Tectona grandis* como especies exóticas. Las especies forestales al momento de la toma de datos de campo, tenían 12 años de establecidas.



## **4.2. OBJETIVOS**

Evaluar la capacidad de producción de biomasa y captura de carbono de plantaciones de *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla*, *Tabebuia rosea*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Gmelina arborea* y *Tectona grandis*.

### **4.2.1. Objetivos específicos**

Generar modelos alométricos para estimar la biomasa aérea individual a partir de la variable Diámetro a la Altura del Pecho (DAP= 1.3 m) en *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla*, *Tabebuia rosea*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Gmelina arborea* y *Tectona grandis*.

Generar modelos alométricos para la estimación del carbono almacenado en la biomasa aérea de *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla*, *Tabebuia rosea*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Gmelina arborea* y *Tectona grandis*.

## **4.3. HIPOTESIS**

Existen diferencias significativas entre los modelos aplicados para la estimación de biomasa aérea dependiendo de la especie forestal.

El contenido de carbono orgánico, como porcentaje de la biomasa seca, es diferente entre especies y componentes de los árboles de las mismas.

## **4.4. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **4.4.1. Marco conceptual**

Actualmente Se reconoce que el planeta experimenta un cambio climático global, el cual consiste fundamentalmente en un calentamiento atmosférico producto de un incremento del efecto invernadero (EI), que a su vez es el resultado de un aumento en la concentración de gases efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. Este aumento de GEI proviene básicamente de actividades antropogénicas por la quema de combustibles fósiles, y en menor grado de fenómenos naturales.

Este calentamiento se estima de manera global promedio en alrededor de 0.6 °C y ha ocurrido en los últimos 170 años (IPCC, 2007). De todos los GEI destaca el dióxido de carbono, por contribuir con más del 65% al fenómeno de EI. Ante este panorama, el balance entre la emisión y captura de carbono de los ecosistemas, se constituye como un aspecto fundamental a supervisar para prevenir niveles drásticos de variación del clima en el futuro mediato. Brown (1997), menciona que el dióxido de carbono que se encuentra en la atmósfera, es absorbido por las plantas por medio del proceso de la fotosíntesis, por este medio las plantas convierten la energía de la luz solar en energía química aprovechable para los organismos vivos.

Así, los bosques guardan grandes cantidades de CO<sub>2</sub> en la vegetación y el suelo, e intercambian carbono (C) con la atmósfera a través de la fotosíntesis y la respiración. En este intercambio, pueden ser fuente de C atmosférico cuando son perturbados por causas humanas o naturales (p.e. incendios forestales, utilización de inadecuados sistemas de aprovechamiento, corta y quema para transformación de usos no forestales) y, cuando crece se convierte en sumidero de carbono atmosférico (transferencia neta de CO<sub>2</sub> desde la Atmósfera a la tierra). Entonces, los bosques capturan C cuando la fotosíntesis es mayor que la suma de la respiración (autotrófica y heterotrófica) y emiten C cuando la fotosíntesis es menor.

El mismo autor, describe que derivado de lo anterior, una forma de mitigar el efecto invernadero, es a través del manejo y conservación de los bosques y el establecimiento de nuevas masas forestales. Aun cuando existen dudas respecto a si los bosques están contribuyendo significativamente al cambio climático global, y señala que mientras mayor sea la superficie de la tierra con una cubierta vegetal, se tenderá a un balance más favorable a la captura de CO<sub>2</sub> y termina mencionando que si esta cubierta vegetal es manejada, de tal forma que se pueda contar con una captura anual de carbono y si los productos cosechados se usan para reemplazar algunas fuentes fósiles, se estaría alcanzando una situación más favorable.

Guerra (2001) citado por Gayoso *et al.* (2002) hace notar que los futuros proyectos de captura de carbono, que se generen en el marco del mecanismo del Desarrollo Limpio establecido en el protocolo de Kyoto, requieren de información básica sólida sobre los bosques y su biomasa, la que debe estar fundamentada sobre evoluciones cuantitativas confiables y que tanto las metodologías, como la propia medición de la biomasa forestal y los inventarios de monitoreo serán la base de confianza de toda negociación de proyectos de captura de emisiones.

Gayoso *et al.* (2002) describieron que los estudios de biomasa a nivel mundial son variados, así como también las metodologías, por cuanto la acumulación de carbono en el ecosistema forestal se produce tanto en el espacio aéreo como subterráneo, involucrando a plantas mayores e inferiores, conjuntamente con la necromasa y el suelo. Señala también, que el empleo de funciones de biomasa externas presenta limitaciones, dado que la influencia de las distintas condiciones del suelo, microclima y sitio en general son determinantes en la respuesta de crecimiento de la biomasa y acumulación de carbono. Por lo anterior es importante realizar estudios locales para conocer la tasa de incremento y cantidad de biomasa que un bosque es capaz de acumular.

#### **4.4.2. Concepto de biomasa**

Newbould (1970, 1977), Pardé (1980) y Garcinuño (1995), citados por Gayoso *et al.* (2002) definen a la biomasa como la suma total de materia viva que se encuentra en un ecosistema en un momento determinado y se expresa en términos de peso seco, masa o volumen.

En tanto que Anderson (1971); Dylis (1971); Chineada y Kosak (1984) y Pedraza (1989), mencionan que la biomasa puede utilizarse para estimar las cantidades potenciales de varios productos y combustibles, también para determinar la eficiencia de rodal y para el estudio de la influencia de las relaciones suelo-agua-planta-nutrientes con la productividad del sitio. La biomasa es la energía solar convertida por la vegetación en materia orgánica; esa energía se puede recuperar por combustión directa o transformando la materia orgánica en otros combustibles (Geocities, 2007).

#### **4.4.3. Biomasa en especies forestales**

##### **4.4.3.1. Biomasa en componentes arbóreos**

De acuerdo con Gayoso *et al.* (2000), estudios realizados tanto en Norteamérica como en Europa y Asia, concuerdan en que la evaluación de la biomasa arbórea debe contemplar la separación de componentes en fuste, hojas y ramas y aun más, deberían separarse también corteza y raíces. Por su parte Satoo (1970), menciona que la biomasa de la mayoría de los componentes de los árboles aumenta con la edad del rodal. No así la biomasa foliar, la cual es independiente de la densidad del rodal. Esta se estabiliza con el tiempo y su monto varía más bien con la calidad de sitio y con la especie; además los bosques perennifolios presentan mayores valores que los caducifolios.

Gómez (1976), Madgwick (1977), Overend (1978), Pardé (1980), Schonenberger (1984), Pedraza (1989), Sáez (1991) consignan que en términos porcentuales el fuste del árbol concentra la mayor cantidad de biomasa aérea, representando entre 55 y 77 % del total; luego están las ramas, de 5 a 37 %; y por último las hojas y la corteza del fuste entre 1 y 16 % respectivamente. Por su parte Pardé (1980), señala que la distribución porcentual de los diferentes componentes (fuste, corteza, ramas, hojas y raíces) en la biomasa total de un árbol, varía considerablemente dependiendo de la especie, edad, sitio y tratamiento silvicultural.

Brown *et al.* (1989) señalan la existencia de estudios que han generado funciones de regresión de biomasa para bosques de latifoliadas tropicales. Algunas de esas funciones se desarrollaron a partir de una base de datos que incluye árboles de muchas especies, donde la base de datos fue estratificada de acuerdo con tres zonas climáticas principales (según las precipitaciones) sin importar las especies: zona seca, zona húmeda y zona muy húmeda.

Por último Gayoso *et al.* (2000) describen que del análisis de gran cantidad de estudios sobre la estimación de biomasa de árboles forestales, los mayores esfuerzos se han hecho para determinar biomasa fustal y aérea de los árboles, porque forma parte de la mayor fracción de la biomasa total, y señala que en general, estudios sobre *Nothofagus*, se han basado de un número de individuos entre 15 y 42 árboles, utilizando modelos simples de regresión.

#### 4.4.4. Modelos para estimación de biomasa

Gayoso *et al.* (2000) indican que los modelos para estimar la biomasa, tienen por objeto explicar las relaciones matemáticas existentes entre los atributos y dimensiones del árbol y el peso seco de sus componentes. Los mismos autores, explican que para determinar la biomasa, es muy frecuente el uso de funciones alométricas cuando se ha obtenido el peso por componente o árbol total, el cual se relaciona con algunas variables de estado del árbol de simple determinación. Estas funciones tienen mucha aplicación en el campo forestal, por cuanto presentan gran flexibilidad en su uso, siendo las variables más usadas el diámetro a la altura del pecho (DAP), diámetro a la altura del tocón (DAT), altura total (HT) y diferentes combinaciones de ellas (Prado *et al.*, 1987; Garcinuño, 1995).

#### 4.4.5. Métodos para determinación de biomasa

Por su parte Teller (1988), consigna que los estudios de biomasa son importantes para comprender el ecosistema forestal, ya que entregan la distribución de la materia orgánica en el sistema y permiten evaluar los efectos de una intervención, respecto al equilibrio en el ecosistema.

Snowdon *et al.* (2001) describen que el carbono de ecosistemas generalmente esta fraccionado en cuatro principales componentes: biomasa sobre el suelo, hojarasca, sistemas radiculares y carbono orgánico del suelo. Los mismos autores señalan que la biomasa viva sobre el suelo está básicamente dividida en: a) biomasa de los componentes leñosos y, b) biomasa del sotobosque: pastos, hierbas, estados juveniles y otros.

En cuanto a la biomasa de los componentes leñosos, Snowdon *et al.* (2001), señalan que existen diferentes métodos para estimar la biomasa a partir de mediciones simples y que generalmente se usan las siguientes: a) Aplicación de una ecuación de regresión adecuada para cada especie de árbol considerando variables como el diámetro y otras mediciones de los árboles; b) Aplicación de una ecuación de regresión genérica para diámetro y otras medidas de los árboles; c) Estimación de tablas de biomasa específicas para especies o genéricas basadas en diámetro y/o altura; d) Uso de tablas de rendimiento estándar para estimar el volumen del fuste, el cual se convierte a biomasa del fuste, aplicando la gravedad específica, posteriormente se aplica un factor de expansión para estimar biomasa entera del árbol; e) Uso de la técnica del árbol promedio MacDiken (1997).

Este último autor, indica que en todas las opciones anteriores, se debe medir el diámetro y altura total de toda la vegetación leñosa. El diámetro debe medirse a la altura del pecho (dap) mayor de 2 cm. Asimismo este autor recomienda tomar sub muestras de vegetación leñosa de diámetro menor y plantas herbáceas usando parcelas más pequeñas.

En cuanto al primer método, que se refiere al uso del modelo específico de biomasa para cada especie, Macdiken (1997) alude a que los valores de altura y diámetro a la altura del pecho (dap), se deben convertir a biomasa con ayuda de modelos, y aclara que es preferible usar modelos de biomasa directamente que usar valores de la densidad de la madera para transformar valores de volumen de madera del fuste en biomasa. Esto debido a que la densidad de la madera varía significativamente entre árboles de una misma especie.

Respecto al método de aplicación de modelos genéricos, Brown *et al.* (1989) mencionan que se han desarrollado modelos generales como herramienta para estimar el contenido de biomasa aérea en inventarios forestales, y que estos pueden ser utilizados de manera general cuando no existen modelos específicos para zonas o condiciones particulares. Para el caso de la estimación de modelos o tablas de biomasa específicas para cada especie, Andrade (1999) señala que cuando no se encuentran modelos para cada especie, es necesario desarrollarlos.

Por su parte, Ortiz (1997), Brown (1997) y Araujo *et al.* (1999), mencionan que los modelos son ecuaciones matemáticas que relacionan la biomasa con las mediciones de los árboles en pie (diámetro a la altura del pecho, altura comercial y total, crecimiento diamétrico, etc.). En tanto que Macdiken (1997), indica que estos modelos de biomasa pueden ser elaborados empleando un mínimo de 30 árboles bien seleccionados.

Ortiz (1997) y Segura (1999), describen que en el caso de árboles grandes, la biomasa del fuste y ramas grandes puede calcularse de manera indirecta, es decir, utilizando los métodos de cubicación, y estimando el volumen de las trozas (Ecuaciones de Smalian, Huber, y otras) y que al final se suman estos volúmenes para obtener el volumen total. Asimismo señalan que se toman muestras de madera del fuste y ramas, y se pesan en campo, posteriormente en el laboratorio se calculan los factores de conversión de volumen a peso seco necesarios, o sea la densidad verde y densidad seca. Para determinar el porcentaje de materia seca, Macdiken (1997) establece que se toma una submuestra de cerca de 200 g, y se seca en horno a 70-80 °C, hasta llevarla a peso constante.

Macdiken (1997), refiriéndose al uso de tablas de volumen, indica que éstas estiman el volumen de los árboles en pie con algunas de sus dimensiones (diámetro a la altura del pecho, altura total). Luego con el apoyo de la gravedad específica y el factor de expansión de biomasa (relación entre biomasa total y biomasa del fuste) se estima la biomasa total aérea.

Por su parte Vine *et al.* (1999) respecto a los valores de la gravedad específica, mencionan que éstos se pueden encontrar en la literatura, o que pueden ser determinados por análisis en laboratorio, para lo cual se toman piezas de madera de dimensiones conocidas, se secan completamente (a 70 °C por 72 horas), se pesan, y este valor se divide por su volumen.

Macdiken (1997), explica que la técnica del árbol promedio, puede ser una alternativa más económica que las técnicas alométricas, ya que un árbol de tamaño promedio tendrá una cantidad promedio de biomasa, y señala que el área basal tiende a ser un buen predictor de la biomasa total.

En cuanto a la biomasa de componentes herbáceos, se menciona que estos pueden ser inventariados por medio de marcos de 50x50 cm. Se lanza el marco a los sitios de muestreo seleccionados, se corta todo el material herbáceo que se encuentre dentro de él y se pesa en fresco, tomando una submuestra de cerca de 200 g, para determinar contenido de materia seca en el laboratorio. Otro método que se puede emplear es el llamado de doble muestreo (BOTANAL), el cual consiste de un muestreo real y otro visual.

#### **4.4.5.1. Método de cosecha**

Es una técnica directa, que se basa en la cosecha del material vegetal y posterior evaluación de su peso o volumen. El inconveniente que presenta es su alto costo en tiempo y recursos (Pedraza, 1989; Brown, 1992). Este método proporciona un valor exacto de la biomasa ya que consiste en voltear y pesar árboles en cada una de las parcelas de muestreo, determinándose posteriormente su peso seco. Adicionalmente el método permite formular relaciones funcionales entre la biomasa y variables del rodal de fácil medición como edad, área basal, alturas dominantes y otras (Pardé, 1980).

#### **4.4.5.2. Método del árbol promedio**

De acuerdo con MacDiken (1997), la técnica del árbol promedio puede ser una alternativa más económica que las técnicas alométricas. El concepto de base es que un árbol de tamaño promedio tendrá también una cantidad promedio de biomasa, para ésto, el área basal tiende a ser un buen predictor de la biomasa total.

Los árboles seleccionados son muestreados destructivamente para determinar su biomasa, el peso del árbol promedio es multiplicado por el número de árboles del rodal para obtener un estimado de la biomasa total. Esta técnica puede ser modificada incluyendo un muestreo estratificado, el método de la relación de área basal o usando valores de promedio ponderado.

Con base a Madgwick (1973) y Pardé (1980), el método del árbol promedio es dentro de las técnicas indirectas, la más utilizada. Bajo este método se asume que el árbol muestreado pertenece a la clase media para el parámetro predictor escogido. Su mayor inconveniente es la imposibilidad de encontrar un árbol medio en todas las variables morfológicas. Este método sirve más bien para evaluar la biomasa dentro del árbol y para estimar su producción anual (Teller, 1988). La mayor aplicabilidad de este método es en plantaciones, debido a que los árboles poseen relativa uniformidad de tamaños y edades (Applegate *et al.* 1988; citados por Gayoso *et al.*, 2000).

El procedimiento de este método consiste en identificar, a través del proceso de inventario, el árbol medio del rodal en término de sus dimensiones incluido el peso. En rodales coetáneos puros un procedimiento común consiste en el empleo del árbol de diámetro de área basal media (dg). Se voltean cierto número de árboles del rodal de área basal media, midiendo la biomasa de los distintos componentes. La biomasa del rodal se determina multiplicando el número de árboles por hectárea por el valor promedio de la biomasa obtenido de la muestra de los árboles medios (Gayoso *et al.*, 2000).

Debido a las diferentes proporciones de los componentes en árboles de diferente tamaño no es posible hacer una estimación confiable de la biomasa del rodal ya que un árbol de dimensiones de fuste promedio es poco probable que sea el promedio en términos de los otros componentes del árbol (Satoo, 1982; citado por Gayoso *et al.*, 2000).

#### 4.4.6. Captura de carbono

Masera *et al.* (2000) menciona que la captura unitaria de carbono se estima midiendo el carbono contenido en todos y cada uno de los reservorios presentes en el área considerada. El total de carbono capturado (CT) en toneladas de carbono por hectárea se puede expresar formalmente como:

$$CT = C_v + C_d + C_s + C_p + C_f \quad (1)$$

y si se desea considerar el horizonte de tiempo:

$$CT = \int_0^T [C_v(t) + C_d(t) + C_s(t) + C_p(t) dt] + \Sigma C_f(t) \quad (2)$$

donde:

**CT** = carbono total capturado o acumulado

**C<sub>v</sub>** = carbono contenido en la vegetación

**C<sub>d</sub>** = carbono contenido en la materia en descomposición

**C<sub>s</sub>** = carbono contenido en el suelo

**C<sub>p</sub>** = carbono contenido en productos de madera

**C<sub>f</sub>** = carbono ahorrado por sustitución de combustibles fósiles

Para la mayoría de los reservorios de carbono que se mencionan anteriormente existen varios métodos de estimación y la elección de uno u otro dependerá del tipo de información que esté disponible en el momento de hacer las estimaciones y de la precisión que se requiera.

Los mismos autores describen que el carbono contenido en la vegetación es la suma del contenido en la biomasa aérea y la que se halla en la biomasa de las raíces. La biomasa aérea comprende el tronco, las hojas, las ramas y las partes reproductivas, mientras que el carbono contenido en las raíces es definido como biomasa de las raíces.

#### **4.4.6.1. Métodos para estimar carbono en la vegetación**

Según Brown y Lugo (1984), al inventario de la biomasa de los ecosistemas, es necesario hacer las respectivas transformaciones para reportar los valores en términos de toneladas de carbono almacenadas. Las estimaciones de la cantidad de carbono almacenado para diversos tipos de bosques naturales, bosques secundarios y plantaciones forestales en su gran mayoría asumen el valor de la fracción de carbono en materia seca en un 50 % para todas las especies en general. Así mismo, las normas establecidas por el IPCC (1996), recomiendan utilizar 0.5 como fracción de carbono en materia seca en caso de no existir datos disponibles. De acuerdo con Masera *et al.* (2000) existen dos métodos para calcular la biomasa de los ecosistemas y su elección dependerá de los datos que estén disponibles al momento de realizar la estimación:

##### **4.4.6.1.1. Método destructivo**

Este método utiliza datos colectados a partir de las mediciones destructivas de la vegetación en una unidad de superficie determinada. Por su alto costo, generalmente no se aplica.

##### **4.4.6.1.2. Método utilizando ecuaciones alométricas**

En caso de no contar con datos de biomasa colectados destructivamente y tener sólo información secundaria como sería la altura y el diámetro de los árboles, es posible estimar el carbono contenido en la biomasa utilizando una serie de ecuaciones alométricas de regresión.

#### **4.5. MATERIALES Y MÉTODOS**

##### **4.5.1. Ubicación del área de estudio**

El trabajo de campo se llevó a cabo en el "Sitio Experimental Costa de Jalisco" el cual pertenece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Este Sitio se localiza en el Km 204 de la carretera Guadalajara-Barra de Navidad, en el municipio de La Huerta del estado de Jalisco, entre los 19° 31' 15" Latitud Norte y 104° 32' 00" Longitud Oeste, a una altitud de 298 m. El clima de la región según el sistema Köppen-García (1988), es un Aw1 con lluvias en verano, con precipitación media anual de 1100 mm. Temperaturas medias máximas de 34 °C y medias mínimas de 12°C, por lo que se considera un clima cálido sub húmedo. El tipo de suelo es Feozem haplico, con un pH de 6.7 (Benavidez, 2007).

##### **4.5.2. Selección y derribo de árboles muestra**

Los árboles empleados para generar la base de datos del presente estudio, fueron obtenidos de una plantación forestal establecida en el año de 1994, en una superficie de 1.8 ha. La toma de datos se realizó en los meses de Julio a Noviembre del año 2006, cuando todos los árboles de las diferentes especies en estudio contaban con todo su follaje.



Se seleccionaron 15 árboles al azar de cada una de las especies en estudio, sumando un total de 90 árboles, los cuales ya estaban marcados para ser derribados, ya que formaron parte de aclareo y podas que se aplicaron a estas plantaciones como parte del manejo que se ha venido desarrollando en las mismas.

De acuerdo con Schlegel *et al.* (2000), en estudios de biomasa, dependiendo de la variabilidad de los bosques, la precisión deseada, las especies encontradas y los recursos disponibles, se utiliza diferente número de árboles muestra, normalmente varía entre 20 y 40 árboles, eligiendo alrededor de 5 por parcela medida. Para zonas amplias, se eligen cerca de 30 árboles, pero si se requiere determinar la biomasa en localidades específicas, 15 árboles es un número suficiente.

#### **4.5.2.1. Muestreo de biomasa aérea**

Para la recopilación de la información se empleó un muestreo completamente aleatorio por clases diamétricas, se procuró incluir todas las categorías diamétricas que presentaron las diferentes especies dentro de las plantaciones forestales experimentales. A cada árbol que fue derribado anticipadamente se le midió el diámetro normal (DN), posteriormente empleando motosierras los árboles fueron seccionados en trozas comerciales de diferentes longitudes, que de acuerdo a la bibliografía consultada, se recomienda que las primeras trozas de cada árbol se corten a 2.55 m longitudes y las últimas de 1.25 m, por ser medidas comerciales que se usan en la industria forestal.

Sin embargo en el presente trabajo no fue posible concretarse a estas dimensiones, debido a las diferentes conformaciones del fuste o tronco principal de cada árbol, por lo que resultaron trozas de 2.55 m (8 pies), 2.13 m (7 pies), 1.82 m (6 pies), 1.52 m (5 pies), 1.25 m (4 pies), 0.92 m (3 pies), 0.61 m (2 pies) y 0.42 (1 pie). Las trozas de dos pies de longitud en adelante y con diámetros por arriba del los 5 cm, fueron empleadas para el estudio del coeficiente de aserrío.

Otro paso importante antes de medir cada troza fue obtener una rodaja de aproximadamente 5 cm de espesor como muestra de cada una de ellas. La primera se obtuvo de la sección que corresponde a la parte baja de la primera troza, las demás rodajas se obtuvieron de igual manera de la parte más gruesa de las demás trozas.

Las ramas fueron separadas del follaje y se pesaron de manera independiente obteniendo de una a dos y hasta tres muestras de cada componente de acuerdo al tamaño del árbol. El peso fresco de cada componente y su respectiva muestra se determinó con una báscula de reloj de 500 kg de capacidad para pesar las trozas, las ramas y el follaje, y otra báscula de reloj de 15 kg de capacidad para pesar las muestras de las trozas (rodajas) y las muestras de las ramas, brazuelos y el follaje, todas estas actividades se realizaron en el lugar donde fue derribado cada árbol.

En total se obtuvieron 668 muestras distribuidas de la siguiente manera; 360 muestras del fuste (rodajas), 119 de follaje, 91 de brazuelo y 98 de ramas. La distribución por especie fue como se muestra en el Cuadro 4.1.

#### **4.5.2.2. Procesamiento de muestras**

Debido a la gran cantidad de muestras y como no fue posible transportarlas inmediatamente a las estufas de secado en laboratorio y como parte del proceso de secado, fue necesario primeramente exponer las muestras al sol durante 30 días con el propósito de evitar que dichas muestras fueran atacadas por hongos. Posteriormente, estas muestras fueron secadas en hornos en el laboratorio, a temperaturas de 70 °C durante 12 días las rodajas, brazuelos y ramas, de 35 a 40°C las muestras de follaje durante 5 días.

Para determinar el secado total de las muestras se pesaron parte de ellas periódicamente y se les determinó su humedad en estufa de secado. Cuando se observó que el peso seco era constante, se pesaron todas las muestras. El peso de los componentes secos se obtuvo utilizando una báscula que permitió pesar en gramos, para obtener los pesos con mayor precisión.

#### **4.5.3. Determinación de biomasa**

Para determinar la biomasa total de cada componente (fuste o rodajas, brazuelo, ramas y follaje) del árbol, se empleó el factor resultante de la relación peso seco/peso fresco de la muestra tomada de cada componente y luego se multiplicó por el peso fresco correspondiente a todo el componente. La suma de la biomasa total del fuste (trozas) y de la copa (brazuelo, ramas y follaje) fue la biomasa aérea total de cada árbol.

#### **4.5.4. Análisis de datos**

##### **4.5.4.1. Análisis de regresión y selección de modelos**

Una vez que se determinó la biomasa aérea total y el diámetro normal (DN) de todos los árboles de cada una de las especies en estudio, se utilizó la técnica de análisis regresión empleando varios modelos matemáticos lineales y no lineales, con el propósito de predecir la biomasa total por especie a partir de las variables independientes diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura de los árboles de las especies en estudio.

Los modelos fueron elaborados y ajustados utilizando la hoja de cálculo Excel de Microsoft, y con el propósito de poder definir cuales modelos fueron los mejores, se utilizó el estadístico Coeficiente de determinación ( $R^2$ ) cuyo rango oscila entre 0 y 1.

Este coeficiente expresa el porcentaje de la variación total presente en la variable biomasa total aérea, que es atribuible al modelo de la regresión en cuestión. Por lo tanto, deberá seleccionarse un modelo cuyo valor de ( $R^2$ ) sea lo más cercano a la unidad o 100 %. Las variables fueron:

Y= biomasa total (kg)  
X1= diámetro a la altura del pecho (DAP) en cm.  
X2= altura del árbol (m).

De acuerdo con Figueroa (2001), Acosta *et al.* (2002), Gayoso *et al.* (2002) y Schott (2004), el modelo que se ha empleado en varios estudios para determinar biomasa aérea de árboles es el siguiente:

$$Y = bX^k \quad (3)$$

Donde:

Y = es la biomasa aérea (kg)  
X = es el diámetro normal (cm)  
b y k = parámetros de la función

La expresión del modelo en su forma lineal mediante transformación logarítmica es la siguiente:

$$\ln(Y) = \ln(b) + k \ln(X) \quad (4)$$

Donde:

Y, X, b y k tienen el mismo significado que en la ecuación (3), y  $\ln(Y)$ ,  $\ln(b)$  y  $\ln(X)$  son los logaritmos naturales de Y, b y X, respectivamente.

Ambas ecuaciones fueron empleadas, sin embargo no en todas las especies en estudio resultaron las más adecuadas para el ajuste de los datos o valores para estimar la biomasa, por lo que se probaron otros modelos como se describió anteriormente.

#### **4.5.5. Determinación del contenido de carbono.**

Al peso seco de cada uno de los componentes de los árboles en estudio, se les aplicó un índice de captura de carbono de 0.4269 el cual fue propuesto por Jo y McPherson (1995), el resultado se aplicó considerando una densidad de plantación de 1111 árboles/ha para cada una de las especies en estudio. De esta manera se estimó el potencial de captación de carbono atmosférico en las plantaciones forestales de 12 años de establecidas de las especies en estudio, en condiciones edafoclimáticas del municipio de La Huerta, Jalisco.

Para estimar el contenido de carbono en la biomasa de los componentes de los árboles de cada especie, se empleó la siguiente expresión:

$$CCC = BTC * \%C \quad (5)$$

Donde:

CCC = Contenido de carbono por componente (fuste, ramas, follaje) en Kg.

BTC = Biomasa total del componente (kg) %

C = Porcentaje de carbono del componente determinado por el índice Jo y McPherson.

El contenido del carbono de la biomasa total de cada árbol de las especies en estudio fue la suma del carbono del fuste o rodajas, brazuelo, ramas y follaje de cada árbol. Para la obtención de la ecuación alométrica para estimar el carbono, se emplearon varios modelos alométricos, que ya se mencionaron anteriormente y que se ajustaron a los datos de la biomasa de los árboles de cada especie y se basan en una correlación del contenido de carbono con el diámetro normal de cada árbol.

## 4.6. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.6.1. Estimación de biomasa aérea por especie

El cuadro 4.2 muestra los modelos obtenidos para cada una de las especies en estudio, logrando altos coeficientes de determinación, sin embargo no todas las especies se ajustaron a un mismo modelo, por lo que tomando en consideración el coeficiente de determinación las especies se dividieron en dos grupos. Tres de ellas se ajustaron a un modelo de regresión de tipo potencial:

<i>Tabebuia rosea</i>	$B = 0.1385 X^{2.1987}$	con $R^2$	= 0.9423
<i>Tectona grandis</i>	$B = 0.0696 X^{2.5131}$	con $R^2$	= 0.9681
<i>Gmelina arborea</i>	$B = 0.1288 X^{2.2473}$	con $R^2$	= 0.8837

El resto de las especies se ajustó a un modelo polinomial:

<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	$B = 0.3778X^2 - 13.799X + 205.73$	con $R^2 = 0.9307$
<i>Cedrela odorata</i>	$B = 0.7371X^2 - 5.5533X + 94.9946$	con $R^2 = 0.9554$
<i>Swietenia macrophylla</i>	$B = 0.6603X^2 - 8.2725X + 35.535$	con $R^2 = 0.9595$

Lo anterior sugiere que aunque presentan valores diferentes en las ecuaciones matemáticas, las especies forestales en estudio se dividen en dos grupos. Es decir las especies con los diámetros medios más pequeños (10 y 14.3 cm) y un menor número de categorías diamétricas con cierta heterogeneidad; y la especie con el diámetro medio mayor (33.6 cm) con más categorías diamétricas, se ajustan a modelos de tipo polinomial. En cambio las especies con diámetros medios que van de 19.3 a 25.77 cm, con relativa homogeneidad en cuanto a sus diámetros y el número de categorías diamétricas, se ajustan mejor a modelos de tipo potencial (Cuadros 4.3 y 4.4).

Por otra parte como se muestra en el Cuadro 4.2, los modelos obtenidos presentan altos coeficientes de determinación, lo que de acuerdo con Gujarati (1999) citado por Vidal *et al.* (2003) los hace confiables, ya que este autor considera un valor de  $r^2$  de 0.8 en adelante como satisfactorio.

En tanto que Alder en (1980), señala que las mejores ecuaciones pueden tener coeficientes de tan solo 0.7 y 0.8. Por lo tanto, los modelos seleccionados pueden considerarse muy aceptables.

Asimismo es conveniente mencionar que los modelos seleccionados para realizar la estimación de biomasa, solamente incluyen el diámetro normal (DAP) de los árboles como variable independiente, esto debido a que no obstante que la altura de los árboles está relacionada con las variables dependientes estimadas de biomasa, su aporte a los modelos no fue muy significativa, ya que el mayor porcentaje de la variabilidad total fue explicada por el diámetro normal, por lo tanto se elaboraron solamente tablas de una sola entrada.

En la Figura 4.1 y Cuadro 4.3 se presentan los resultados de diámetro normal (DN) de los árboles muestra para *Enterolobium cyclocarpum*. Ahí se puede ver que los valores oscilaron entre 21.5 y 56.8 cm, con un promedio de 33.6 cm, con una desviación estándar (s) de 9.24 cm. La biomasa tuvo valores de 64.1 a 637.9 kilogramos árbol, con una media de 198.6 kg y una s del orden de 148.26 kg .

Los parámetros del modelo y la dispersión de puntos de los valores de biomasa observados se presentan en la Figura 4.1. Al ajustar la ecuación para determinar la biomasa en función del diámetro normal presentó una  $R^2$  de 0.9307. La ecuación determinada para estimar la producción de biomasa de *Enterolobium cyclocarpum* quedó expresada de la siguiente manera:

$$B = 0.3778 \text{ DN}^2 - 13.799 \text{ DN} + 205.73$$

Donde:

B = Biomasa (kg)

DN = Diámetro normal (cm)

Con base en lo anterior y tal como se describe en el Cuadro 4.5 de resultados, la distribución y cantidad de biomasa para *Enterolobium cyclocarpum* resultó de la siguiente manera: 95.52% (189.6 kg/árbol) correspondió para los componentes que conforman la madera, y el 4.48% (8.9 kg) fue para el follaje. El 95.52 % se distribuye de la siguiente manera: 67.22% (133.5 kg) para el componente denominado fuste o parte principal del árbol, 17.21 % (34.2 kg) para las ramas con diámetros de 5 cm en adelante y que se denominaron como brazuelo y el 11.03% (21.9 kg) para las ramas menores de 5 cm de diámetro, consideradas como Leña.

La biomasa total promedio por árbol de *Enterolobium cyclocarpum* resultó ser de 198.7 Kg (Cuadro 4.5), la cual multiplicada por 1111 árboles/ha arroja un total de 220.76 ton/ha a una edad de 12 años de establecida la plantación.

De acuerdo con la Figura 4.2 y Cuadro 4.3 de resultados, el diámetro normal (DN) de los árboles muestra que *Tabebuia rosea* resultó con un rango que va de 8.2 a 29.2 cm, con un promedio de 19.3 cm, una desviación estándar de 6.07 y una biomasa de 11.5 a 220.6 kilogramos, con una media de 103.7 kg y una desviación estándar del orden de 60.14 kg/árbol.

Los parámetros del modelo y la dispersión de puntos de los valores de biomasa observados se presentan en la Figura 4.2. Al ajustar la ecuación para determinar la biomasa en función del diámetro normal se observó una  $R^2$  de 0.9423. La ecuación determinada para estimar la producción de biomasa de *Tabebuia rosea* se describe a continuación:

$$B = 0.1385DN^{2.1987}$$

Donde B y DN ya fueron descritos.

Con base en lo anterior y tal como se describe en el Cuadro 4.5 de resultados, la distribución y cantidad de la biomasa para *Tabebuia rosea* resultó como sigue: 90% (40.4 kg/árbol) correspondió para los componentes que conforman la madera y el 10% (4.3 kg) fue para el follaje. Dicho 90% se distribuye de la siguiente manera: 58.0 (26.0 kg) para el fuste, 15.0% (6.6 kg) para el brazuelo y el 17.0% (7.8 kg) para leña. La biomasa total promedio por árbol de *Tabebuia rosea* resultó ser de 44.7 Kg (Cuadro 5), la cual multiplicada por 1111 árboles/ha arroja un total de 49.662 ton/ha a una edad de 12 años de establecida la plantación.

Como se observa en la Figura 4.3 y Cuadro 4.3 de resultados, el diámetro normal (DN) de los árboles muestra de *Cedrela odorata* resultó con un rango que va de 8.5 a 22.0 cm, con un promedio de 14.3 cm, con una desviación estándar de 3.82. La biomasa resultó con un rango que va del orden de 8.6 a 114.9 kilogramos, con una media de 33.7 kg y una desviación estándar de 28.3 kg. Los parámetros del modelo y la dispersión de puntos de los valores de biomasa observados se presentan en la Figura 4.3. Al ajustar la ecuación para determinar la biomasa en función del diámetro normal se obtuvo un coeficiente de determinación alto ( $R^2 = 0.9554$ ). La ecuación determinada para estimar la producción de biomasa de *Cedrela odorata* es la siguiente:

$$B = 0.7371DN^2 - 15.5533 + 94.9946$$

Donde B y DN ya fueron descritos.

Los resultados muestran que en cuanto a la distribución y cantidad de la biomasa para *Cedrela odorata*, el 95% (31.8 kg) correspondió para los componentes que conforman la madera y el 5% (1.8 kg) fue para el follaje. Este 95% se distribuye de la siguiente manera: 74.78% (25.2 kg) para el fuste, 10.68% (3.6 kg) para el brazuelo y el 9.2% (3.1 kg) para leña. La biomasa total promedio por árbol de *Cedrela odorata* resultó ser de 33.7 Kg, la cual multiplicada por 1111 árboles/ha arroja un total de 37.44 ton/ha a una edad de 12 años de establecida la plantación.

En la Figura 4.4 y el Cuadro 4.3 de resultados se describe el diámetro normal (DN) de los árboles muestra para *Swietenia macrophylla*, habiendo resultado con valores de 6.4 a 17.5 cm, con un promedio de 10.22 cm, con una desviación estándar de 3.11, la producción de biomasa oscila en un rango que va del orden de 6.3 a 92.1 kg/árbol, con una media de 25.9 kg y una desviación estándar de 22.3 kg .

Los parámetros del modelo y la dispersión de puntos de los valores de biomasa observados, se presentan en la Figura 4.4. Al ajustar la ecuación para determinar la biomasa en función del diámetro normal se registró un coeficiente de determinación de 0.9595. La ecuación determinada para estimar la producción de biomasa de la especie *Swietenia macrophylla*, quedó expresada de la siguiente manera:

$$B = 0.6603DN^2 - 8.2725DN + 35.535$$

Donde B y DN ya fueron descritos.

La distribución y cantidad de la biomasa para *Swietenia macrophylla* arrojó que el 90% (23.2 kg) correspondió para los componentes que conforman la madera y el 10% (2.6 kg) fue para el componente follaje. Este 90% se distribuye de la siguiente manera: 47.5% (12.3 kg) para el fuste o parte principal del árbol, 19.3% (5.0 kg) para el brazuelo y el 22.8% (5.9 kg) para leña. La biomasa total promedio por árbol de *Swietenia macrophylla* resultó ser de 26.0 Kg (Cuadro 4.5), la cual multiplicada por 1111 árboles/ha arroja un total de 28.886 ton/ha a una edad de 12 años de establecida la plantación (ver cuadro 4.5).

En la Figura 4.5. y el Cuadro 4.3 de resultados se describe el diámetro normal (DN) de los árboles muestra para *Tectona grandis*, mostrando valores variando de 14.8 a 35.0 cm, con un promedio de 25.22 cm, con una desviación estándar de 6.08 kg y una producción de biomasa con un rango que va del orden de 57.22 a 453.44 kilogramos/árbol, con una media de 258.57 kg y una desviación estándar de 129.98 kg.

Los parámetros del modelo y la dispersión de puntos de los valores de biomasa observados se presentan en la Figura 4.5. Al ajustar la ecuación para determinar la biomasa en función del diámetro normal se observó un valor de  $R^2$  de 0.9681. La ecuación determinada para estimar la producción de biomasa de *Tectona grandis*, quedó expresada de la siguiente manera:

$$B = 0.0696DN^{2.5131}$$

Donde B y DN ya fueron descritos.

Los resultados de la distribución y cantidad de la biomasa para *Tectona grandis* mostraron que el 93.12% (241.1 kg) correspondió a los componentes que conforman la madera y el 6.7% (17.4 kg) fue para el componente follaje.

El 90% se distribuye de la siguiente manera: 66.2% (171.4 kg) para el componente fuste, 12.1% (31.4 kg) para el brazuelo y el 14.8% (38.3 kg) para leña.

La biomasa total promedio por árbol de *Tectona grandis* resultó ser de 258.6 Kg (Cuadro 4.5), la cual multiplicada por 1111 árboles/ha arroja un total de 287.305 ton/ha a una edad de 12 años de establecida la plantación.

En la Figura 4.6 y el Cuadro 4.3 de resultados se describe el diámetro normal (DN) de los árboles muestra para *Gmelina arborea*, cuyo rango fue de 12.8 a 35.5 cm, con un promedio de 25.72 cm, con una desviación estándar de 6.64 cm. La producción de biomasa mostró un rango que va del orden de 43.4 a 458.6 kilogramos/árbol, con una media de 212.1 kg y una desviación estándar de 117.91 kg.

Los parámetros del modelo y la dispersión de puntos de los valores de biomasa observados se presentan en la Figura 4.6. Al ajustar la ecuación para determinar la biomasa en función del diámetro normal presentó un coeficiente de determinación de 0.8837, con la siguiente ecuación para estimar la producción de biomasa de *Gmelina arborea*:

$$B = 0.1288DN^{2.2473}$$

Donde B y DN ya fueron descritos.

El Cuadro 4.5 presenta los resultados de la distribución y cantidad de la biomasa de *Gmelina arborea*, el 95% (201.6 kg) correspondió a componentes que conforman la madera y el 5% (10.5 kg) fue para el componente follaje. Los componentes que conforman la madera se distribuyen de la siguiente manera: 74.4% (157.8 kg) para el fuste, 12.7% (27.0 kg) para el brazuelo y el 7.9% (16.8 kg) para la leña. La biomasa total promedio por árbol de *Gmelina arborea* resultó ser de 212.1 Kg (Cuadro 4.5), la cual multiplicada por 1111 árboles/ha arroja un total de 235.64 ton/ha a una edad de 12 años de establecida la plantación.

Para efecto de realizar el presente trabajo y estimar la biomasa de seis especies forestales tropicales, se empleó el método directo, es decir se derribaron 15 árboles de cada una de las especies en estudio, lo cual coincide plenamente con lo señalado por Gayoso *et al.* (2000) al referirse que en general, estudios sobre *Nothofagus*, se han basado con un número de individuos entre 15 y 42 árboles, utilizando modelos simples de regresión.

De acuerdo con Pedrasa (1989) y Brown y Lugo (1992), citados por Gayoso *et al.* (2000), el método de estimación de biomasa en forma directa es una técnica que proporciona un valor exacto de la biomasa ya que consiste en voltear y pesar árboles en cada una de las parcelas de muestreo, determinándose posteriormente su peso seco.



Por lo tanto, los resultados de este trabajo se consideran confiables para la estimación de biomasa de las seis especies de estudio. Adicionalmente el método permite formular relaciones funcionales entre la biomasa y variables del rodal de fácil medición como edad, área basal, alturas dominantes y otras (Pardé, 1980).

#### 4.6.2. Estimación del carbono en la biomasa aérea por especie

Para estimar el carbono capturado por los árboles de cada una de las especies en estudio, lo recomendable es preparar muestras y mandarlas a laboratorio para que, por el método de colorimetría se determine la cantidad de carbono existente en cada una de ellas, sin embargo cuando los recursos y otros aspectos dificultan poder contar con esta información, algunos autores como Brown y Lugo (1992) sugieren aplicar el 0.5 para todas las especies en general, esto debido a que según explican, que la cantidad de carbono almacenado para diversos tipos de bosques naturales, bosques secundarios y plantaciones forestales en su gran mayoría asumen el valor de la fracción de carbono en materia seca en un 50 %.

Por otra parte las normas establecidas por el IPCC (1996), recomiendan utilizar el 0.5 como fracción de carbono en materia seca en caso de no existir datos disponibles.

Otros autores como Ramírez *et al.* (1997) asumieron un contenido de carbono promedio del 50% para las especies de *Gmelina arborea* y *Tectona grandis*, en Costa Rica. En tanto que Gourdiaan (1992), sostiene que el contenido de carbono en la materia vegetal seca varía entre un 45 a 50% según la especie. Por su parte Jo y McPherson (1995), señalan que al peso seco de cada componente del árbol se le puede aplicar un coeficiente de captura de carbono de 0.4269.

Para estimar el carbono almacenado en las especies contempladas en el presente trabajo y por considerar importante no sobreestimar los cálculos por este concepto, se tomó como valor referencial y muy conservador el indicador propuesto por Jo y McPherson de 0.4269, resultando los valores que se describen más adelante. Por lo tanto, el carbono almacenado por los árboles de cada una de las especies resultó de multiplicar la biomasa total (BT) por el factor 0.4269 quedando de la siguiente manera:

$$CBT = BT * 0.4269$$

Donde:

CBT = carbono almacenado (kg/árbol)  
BT = biomasa total (kg/árbol).

Al igual que para estimar la producción de biomasa aérea de las especies en estudio, para tasar la producción promedio de carbono por especie, se probaron y ajustaron varios modelos matemáticos con la variable independiente diámetro normal, cuyos resultados se describen en el Cuadro 4.6, con valores en el coeficiente de determinación similares a los modelos para la estimación de biomasa, sin embargo los parámetros fueron diferentes, esto se consideró muy importante para la selección de los mismos.

Como se muestra en el Cuadro 4.6, los modelos obtenidos para cada una de las especies en estudio, presentaron altos coeficientes de determinación, sin embargo no todas las especies se ajustaron a un mismo modelo, por lo que las especies también se dividieron en dos grupos. Tres de ellas se ajustaron a un modelo o regresión de tipo potencial (*Tabebuia rosea*, *Tectona grandis* y *Gmelina arborea*) y el resto a un tipo de modelo denominado polinomial (*Enterolobium cyclocarpum*, *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla*).

De acuerdo con la Figura 4.7 y Cuadro 4.7 de resultados, el diámetro normal (DN) de los árboles muestra para *Enterolobium cyclocarpum* valores que van de 21.5 a 56.8 cm, con un promedio de 33.6 cm con una desviación estándar de 9.24 y un contenido de carbono que varía de 27.35 a 272.34 kilogramos, con una media de 84.78 kg y una desviación estándar del orden de 63.29 kg .

Los parámetros del modelo y la dispersión de puntos de los valores del contenido de carbono se presentan en la Figura 4.7. Al ajustar la ecuación para determinar el carbono en función del diámetro normal, se obtuvo un coeficiente de determinación alto ( $R^2 = 0.9307$ ). La ecuación determinada para estimar la producción de carbono de *Enterolobium cyclocarpum* fue:

$$C = 0.1613DN^2 - 5.8909DN + 87.825$$

Donde:

C = carbono (kg)

DN = diámetro normal (cm)

Con base en lo anterior y como se describe en el Cuadro 4.8 de resultados, la distribución y cantidad de carbono para *Enterolobium cyclocarpum* resultó: 95.0% (81.0 kg) para los componentes que conforman la madera y el 5.0% (4.0 kg en promedio, con una s de 4) fue para el follaje. El 95.0% que les corresponde a los componentes que conforman la madera, se distribuye principalmente así: 67.0% (57.0 kg en promedio con una s de 49,5) para el fuste, 17.0% (15.0 kg en promedio con una s de 8.7) para el brazuelo, y el 11.0% (9 kg en promedio con una s de 6.8) para la leña.

El carbono total promedio por árbol de *Enterolobium cyclocarpum* resultó ser de 85.0 Kg (Cuadro 8), lo cual multiplicado por 1111 árboles/ha arroja un total de 94.5 tC/ha, para una plantación de 12 años.

Como se muestra en la Figura 4.8 y Cuadro 4.7 de resultados, el diámetro normal (DN) de los árboles de *Tabebuia rosea* presentó valores que van de 8.2 a 29.2 cm, con un promedio de 19.28 cm y una desviación estándar de 6.07, con un contenido de carbono que va de 4.91 a 94.18 kilogramos, una media de 44.28 kg y una desviación estándar del orden de 25.67 kg. Los parámetros del modelo y la dispersión de puntos de los valores del contenido de carbono se presentan en la Figura 4.8. Al ajustar la ecuación para determinar el carbono en función del diámetro normal se observó un valor de  $R^2$  de 0.9423.

La ecuación determinada para estimar la producción de carbono de *Tabebuia rosea*, quedó expresada de la siguiente manera:

$$C = 0.0591DN^{2.1987}$$

Donde C y DN ya fueron descritos.

Con base en lo anterior y como se describe en el Cuadro 4.8 de resultados, la distribución y cantidad de carbono para *Tabebuia rosea* resultó así: 90% (41.0 kg) para los componentes que conforman la madera y 10% (4.0 kg en promedio, con una s de 2.98) fue para el follaje.

Referente a la proporción de carbono por componente de la madera, es decir el 90% mencionado se distribuye de la siguiente manera: 58% (26 kg con una s de 16.7) para el fuste, 15% para el brazuelo (7 kg con s de 4.4) y 17% (8 kg con s de 3.8) para la leña. El carbono total promedio por árbol de *Tabebuia rosea* resultó ser de 45.0 Kg (Cuadro 8), lo cual multiplicada por 1111 árboles/ha arroja un total de 50.0 tC/ha a una edad de 12 años de la plantación.

De acuerdo con la información que se muestra en la Figura 4.9 y que se describe en el Cuadro 4.7 de resultados, el diámetro normal (DN) de los árboles muestra de *Cedrela odorata* presentó valores que van de 8.7 a 22.0 cm, con un promedio de 14.3 cm y una desviación estándar de 3.82; el contenido de carbono va de 3.69 a 49.07 kilogramos, con una media de 14.37 kg y una desviación estándar del orden de 12.07 kg.

Los parámetros del modelo y la dispersión de puntos de los valores del contenido de carbono se presentan en la Figura 4.9. La ecuación obtenida y su  $R^2$  fueron:

$$C = 0.3147DN^2 - 6.6397DN + 40.553 (R^2 = 0.9554).$$

Donde C y DN ya fueron descritos.

Con base en lo anterior y como se describe en el Cuadro 4.8 de resultados, la distribución y cantidad de carbono para *Cedrela odorata* resultó que el 95 % (14 kg) fue para los componentes que conforman la madera y el 5 % (0.78 kg en promedio, con una sd de 0.93) fue para el follaje.

Referente a la proporción de carbono por componente de la madera, es decir el 95 % se distribuye de la siguiente manera; el fuste almacena el 75 % (11 kg con una sd. de 8.6), del total, el brazuelo y las ramas 10 % (2 kg con sd 2.13) y 9% (1.3 kg con sd de 1.1) respectivamente. El carbono total promedio por árbol de *Cedrela odorata* resultó ser de 14.36 Kg (Cuadro 4.8), lo cual multiplicada por 1111 árboles/ha arroja un total de 16.0 tC/ha a una edad de 12 años de establecida la plantación.

De acuerdo con la información que se muestra en la Figura 4.10 y se describe en el Cuadro 4.7 de resultados, el diámetro normal (DN) de los árboles muestra para *Swietenia macrophylla* presentó valores que van de 6.4 a 17.5 cm, con un promedio de 10.22 cm y una desviación estándar de 3.11; un contenido de carbono que va de 2.69 a 39.32 kilogramos, con una media de 11.07 kg y una desviación estándar del orden de 9.50 kg.

Los parámetros del modelo y la dispersión de puntos de los valores del contenido de carbono se presentan en la Figura 4.10. La ecuación obtenida y su coeficiente de determinación se describen a continuación:

$$C = 0.2819DN^2 - 3.5316DN + 15.17 \quad (R^2 = 0.9595)$$

Donde C y DN ya fueron descritos.

Con base en lo anterior y como se describe en el Cuadro 4.8 de resultados, la distribución y cantidad de carbono para *Swietenia macrophylla* resultó: 90% (10 kg) fue para los componentes que conforman la madera y 10% (1.1 kg en promedio, con una s de 1.6) fue para el follaje.

La distribución proporcional para componentes de la madera fue: el fuste almacena el 48% (5.3 kg con una s de 4.5), del total, el brazuelo 20% (2.2 kg con s 2.3) y la leña 22% (2.5 kg con s de 1.9 ). El carbono total promedio por árbol de *Swietenia macrophylla* resultó ser de 11.1 Kg (Cuadro 4.8), lo cual multiplicado por 1111 árboles/ha arroja un total de 12.332 tC/ha.

De acuerdo con la información que se muestra en la Figura 4.11 y se describe en el Cuadro 4.7 de resultados, el diámetro normal (DN) de los árboles muestra para *Tectona grandis* presentó valores que van de 14.8 a 35 cm, con un promedio de 25.22 cm y una desviación estándar de 6.08; un contenido de carbono que va de 24.43 a 193.58 Kg, con una media de 110.39 kg y una desviación estándar de 55.48 kg.

Los parámetros del modelo y la dispersión de puntos de los valores del contenido de carbono se presentan en la Figura 4.11. La ecuación y coeficiente de determinación obtenidos fueron:

$$C = 0.0297DN^{2.5131} \quad (R^2 = 0.9681)$$

Donde C y Dn ya fueron descritos.

Con base en lo anterior y como se describe en el Cuadro 4.8 de resultados, la distribución y cantidad de carbono para *Tectona grandis* resultó: 93% (93.0 kg) para los componentes que conforman la madera y el 7% (7.0 kg en promedio, con una s de 4.18) para el follaje. El 93% de los componentes de la madera se distribuye de la siguiente manera: fuste 66 % (73. kg con una s de 36.25), brazuelo 12% (13.4 kg con s = 9.07) y leña 15% (16 kg con s = 8.9 ). El carbono total promedio por árbol de *Tectona grandis* resultó ser de 110 Kg (Cuadro 8), lo cual multiplicada por 1111 árboles/ha arroja un total de 122.21 tC/ha.

De acuerdo con la información que se muestra en la Figura 4.12 y se describe en el Cuadro 4.7 de resultados, el diámetro normal (DN) de los árboles muestra para *Gmelina arborea* presentó valores que van de 12.8 a 35.5 cm, con un promedio de 25.72 cm y una desviación estándar de 6.64; un contenido de carbono que va de 18.52 a 195.78 kilogramos, con una media de 90.55 kg y una desviación estándar de 50.34 kg.

Los parámetros del modelo y la dispersión de puntos de los valores del contenido de carbono se presentan en la Figura 4.12. La ecuación y  $R^2$  obtenidos fueron:

$$C = 0.055DN^{2.247} (R^2 = 0.8837)$$

Con base en lo anterior y como se describe en el Cuadro 8 de resultados, la distribución y cantidad de carbono para *Gmelina arborea* fue: 95% (86.0 kg) para los componentes que conforman la madera y 5% (4.0 kg en promedio, con una s de 4.9) para el follaje. Referente a la proporción de carbono para componentes de la madera se tiene: fuste 74.4% (67 kg con una s de 40), brazuelo 13% (11.5 kg con s = 7.6) y leña 8% (7.2 kg con s = 4.6). El carbono total promedio por árbol de *Gmelina arborea* resultó ser de 90.5 Kg (Cuadro 8), lo cual multiplicado por 1111 árboles/ha arroja un total de 100.4 tC/ha a una edad de 12 años.

#### 4.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La cantidad de biomasa aérea y carbono varió dependiendo de la clasificación diamétrica y de la especie.

De acuerdo con la metodología empleada para la obtención de información de campo, y con base en los objetivos e hipótesis plantados en el trabajo, se logró la elaboración y ajuste de modelos alométricos con un alto nivel de confiabilidad, para la estimación de producción de biomasa aérea y secuestro de carbono para cada una de las especies en estudio.

Los modelos generados fueron de tipo potencial y polinomial. Las especies de *Enterolobium cyclocarpum*, *Swietenia macrophylla* y *Cedrela odorata* se ajustaron mejor a un modelo de tipo polinomial, mientras que *Tabebuia rosea*, *Tectona grandis* y *Gmelina arborea* presentaron mejor ajuste a un modelo de tipo potencial.

La metodología empleada para la obtención de la información de campo, así como para estimar de manera confiable la biomasa y carbono de las especies en estudio, es muy similar a la utilizada en los estudios revisados, lo que refuerza dicha confiabilidad. Además es un método con un alto nivel de detalle a un costo relativamente bajo. Tales características hacen de la metodología, una excelente alternativa para estimar la biomasa y carbono en plantaciones forestales de especies tropicales, siendo incluso susceptible de ser empleada en selvas o bosques naturales.

La información generada en este trabajo puede ser de suma importancia para evaluar y cuantificar parte importante de los beneficios adicionales que se generan en las plantaciones forestales, sobre todo por el pago de servicios ambientales.

Los resultados de este trabajo reflejan la necesidad de desarrollar trabajos similares en todo el país, sobre todo en plantaciones forestales comerciales, en las cuales se tendrá que realizar actividades de aclareos y podas, como parte importante del manejo de las mismas, y así aprovechar los derribos que deberán de realizarse (muestreo destructivo) a fin de recabar de manera confiable la información de campo y generar modelos alométricos para un mayor número de especies y en sitios específicos, de tal manera que se logre obtener la información que sirva como base para una mejor toma de decisiones de autoridades y técnicos, en la planeación y manejo de los recursos forestales y obtener de ellos el máximo beneficio, tanto económico, como ecológico y social.

Al ajustar los modelos a los datos de biomasa y carbono de las especies en estudio, se determinaron parámetros con altos coeficientes de determinación ( $R^2$  entre 0.88 y 0.96), lo que indica que existe una buena correlación entre la variable independiente (Diámetro normal) y la biomasa de las distintas especies. Lo anterior significa que para estimar la biomasa y carbono de las seis especies contempladas en este trabajo, las ecuaciones determinadas son adecuadas y confiables para usarse en condiciones similares para cada especie.

La incorporación de la altura de los árboles como variable independiente, no generó mayor exactitud en la estimación de biomasa y contenido de carbono, por lo tanto esta puede ser descartada para futuros trabajos, y evitar contratiempos en los inventarios y mediciones, ahorrándose así tiempo y recursos económicos en este tipo de estudios.

#### 4.8. LITERATURA CONSULTADA

1. Acosta, M; Hernández, J; Velázquez, A; Etchevers, J. 2002. Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México. *Agrociencia* Vol. 36(6): pp 725-736.
2. Araujo, T. M.; Higuchi, N.; De carvalho J. J. A. 1999. Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rain Forest site in the state of Pará, Brazil. *Forest Ecology and Management*. 117: pp 43-52.
3. Benavidez U., G. (2007). Crecimiento en altura y diámetro de seis especies tropicales en una plantación experimental, La Huerta, Jalisco. Tesis de Licenciatura. Centro Universitario de La Costa Sur. División de Desarrollo Regional. Universidad de Guadalajara. Autlán de Navarro, Jalisco. 61 p.
4. Brown, S; Lugo A. 1984. Biomass of tropical forests. A new estimate based on forest volumes. *Science* (Washington, D. C.) 223: 1290-1293.
5. Brown, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of tropical forest: a primer. FAO. Forestry paper 134, Roma, Italy.
6. Brown, S; Gillespie A, Lugo, A.1989. Biomass estimation methods for tropical forests with aplicaciones to forest inventory data. *Forest Science* Vol. 35(4):881-902.
7. Brown, S; Lugo, A. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forest of the Brazilian Amazon. *Interciencia* 17:8-18.
8. Cubero, J; Rojas, S. 1999. Fijación de carbono en plantaciones de *Gmelina arborea*, *Tecota grandis* y *Bombacopsis quinata*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica, Escuela de Ciencias Ambientales.
9. Gayoso, J.; Guerra, J. y Alarcon, D. 2002. Contenido de carbono y funciones de biomasa en especies nativas y exóticas. Universidad Austral de Chile. Proyecto medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial. Informe Final, documento No. 1. Valdivia. 53 p.
11. Guerra, C. J. 2001. Metodología de medición de la biomasa aérea en bosque de Chile y su aplicación en los proyectos de captura de carbono. Universidad de Chile. Valdivia, Chile. 23 p.
12. Gujarati, D. N. 1999. *Econometría Segunda Parte*. Estados Unidos. pp 120-131.



13. IPCC. 1996. Intergovernmental Panel on Climate Change. Report of the twelfth session of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Reference manual and work book of the IPCC 1996 revised guidelines for national greenhouse gas inventories. México city, 11.13 September 1996.
14. IPCC. 2007. Cambio climático 2007, Informe de Síntesis. Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Core Writing Team, Pachauri, R.K, Reisinger, A. y Equipo principal de redacción (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 103 p.
15. Jo H. E. y E.G. Mcpherson. 1995. Carbon storage and flux in urban residential greenpace. *J. Env. Mgmt.* 45:pp109-103
16. MacDiken, K. 1997. A guide for monitoring carbon storage in Forestry and Agroforestry Project Winrock International, 1611 N. Kent St., Suite 600, Arlington, VA 22209; USA. 87 p.
17. Maser, R. 2001. Carbon sequestration dynamics in forestry projects: The CO2FIX V.2 Model approach. E-mail: omasera@oikos.unam.mx. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales, 18 al 20 de Octubre del 2001. 13 p.
18. Ortiz, E. 1997. Costa Rican secondary forest: an economic option for joint implementation initiatives to reduce atmospheric CO2. Draft paper presented for inclusion in the beijer Seminar in Punta Leona. Costa Rica. 19 p.
19. Publispain. 2007. (<http://www.publispain.com/revista/energias-renovables-la-biomasa.htm> consultado 17 de Julio 2007).
20. Segura, M. 1999. Almacenamiento y fijación de carbono en bosques de bajura de la zona atlántica de Costa Rica. *Revista Forestal Centro Americana* pp 23- 28.
21. Snowdon, P.; Raison, J.; Keith, H.; Montagu, K.; Bi, K.; Ritson, P.; Grierson, P.; Adams, M.; Burrows, w. y Eamus, D. 2001. Protocol for sampling tree and stand biomass. National carbon accounting system technical report No. 31. Draft-March 2001. Australians Greenhouse Office. 114 p.
22. Schlegel B.; Gayoso J. y Guerra J. 2000. Manual de procedimientos muestra de biomasa forestal. Universidad Austral de Chile. Proyecto FONDEF D9811076. Valdivia, Chile. 24 p.
23. Teller, A. 1988. Biomass, productivity and wood waste evaluation in a spruce (*Picea abies*) forest (Strainchamps 1983). *Commonw. For. Rev.* 67 (2).

24. Vine, E.; Sathaye, J.; Makundi, W. 1999. Guidelines for the monitoring, evaluation, reporting, verification, and certification of forestry projects for climate change mitigation. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. 125 p.

#### 4.9. FIGURAS

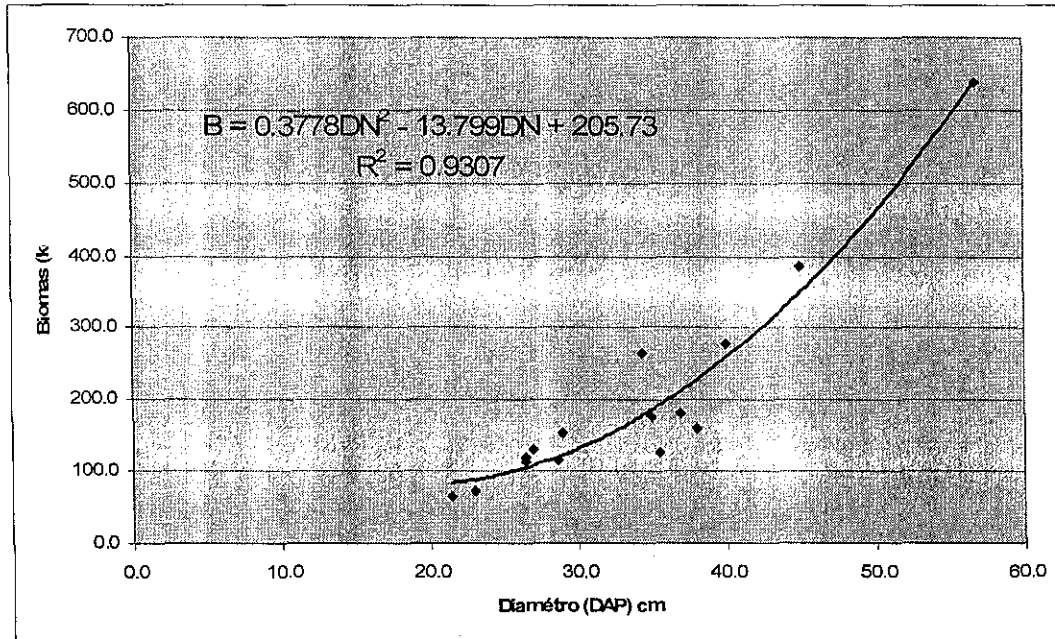


Figura 4.1. Valores de biomasa por clase diamétrica de *Enterolobium cyclocarpum*.

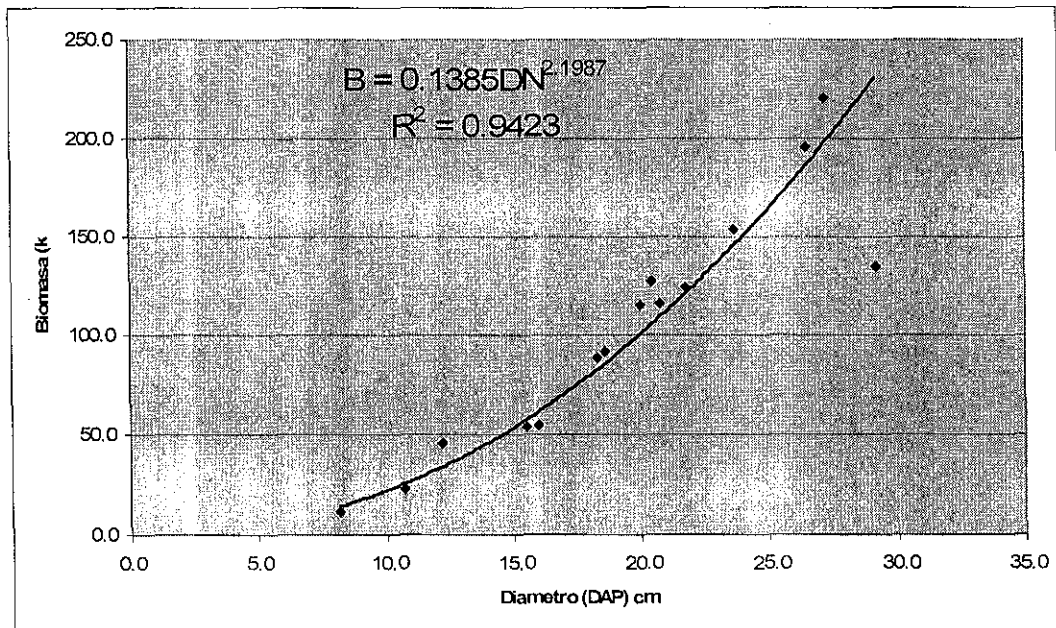


Figura 4.2. Valores de biomasa por clase diamétrica de *Tabebuia rosea*.

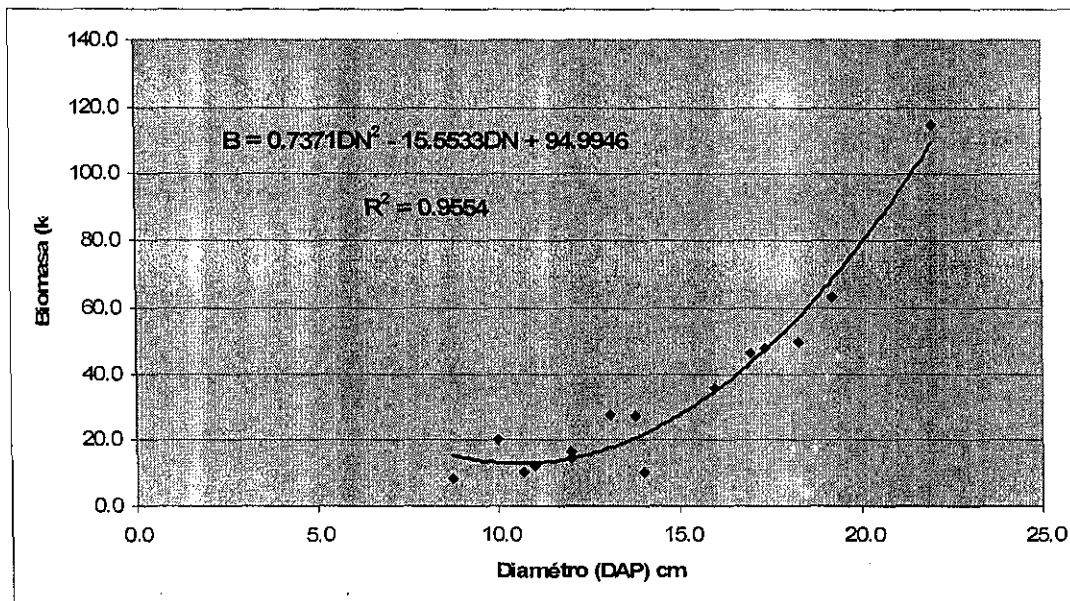


Figura 4.3. Valores de biomasa por clase diamétrica de *Cedrela odorata*.

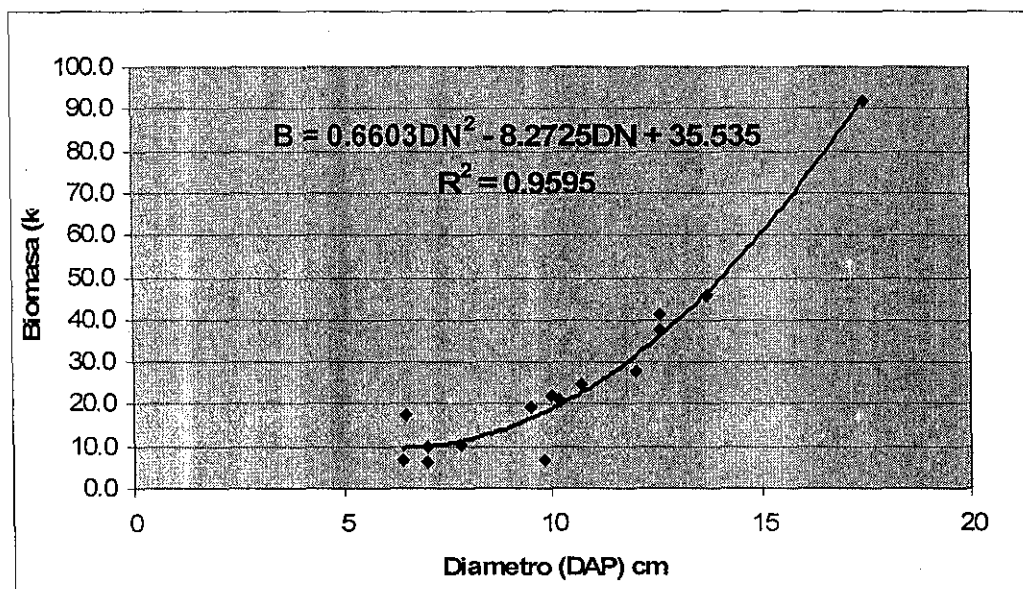


Figura 4.4. Valores de biomasa por clase diamétrica de *Swietenia macrophylla*.

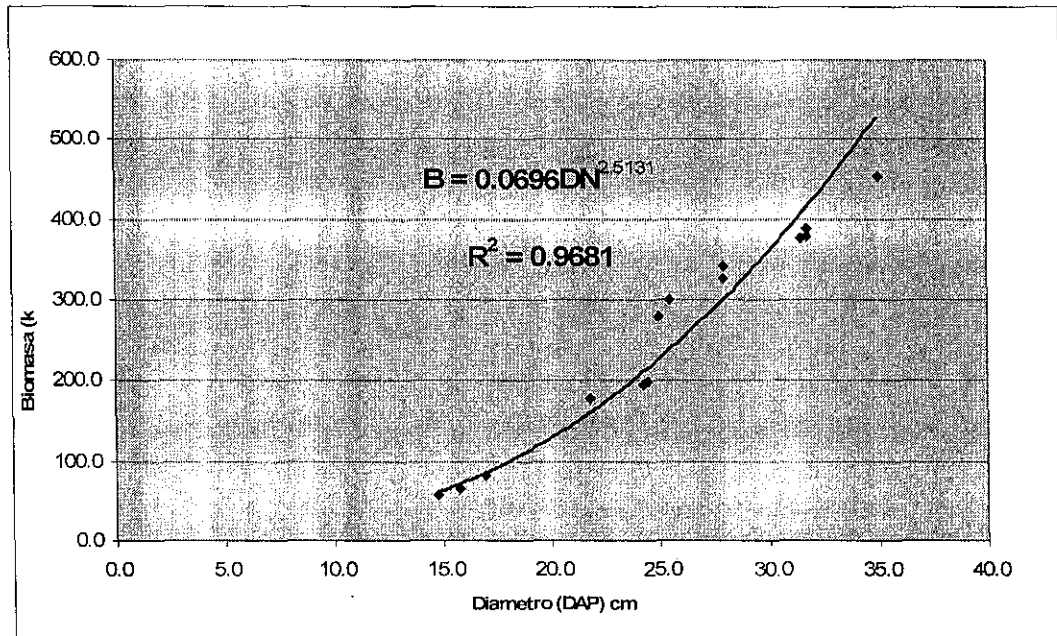


Figura 4.5. Valores de biomasa por clase diamétrica de *Tectona grandis*.

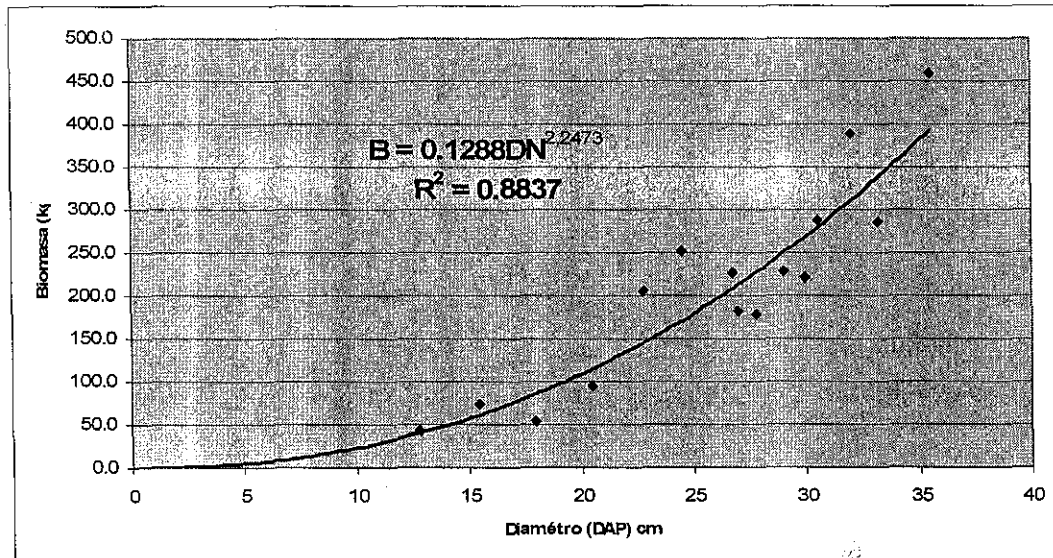


Figura 4.6. Valores de biomasa por clase diamétrica de *Gmelina arborea*.

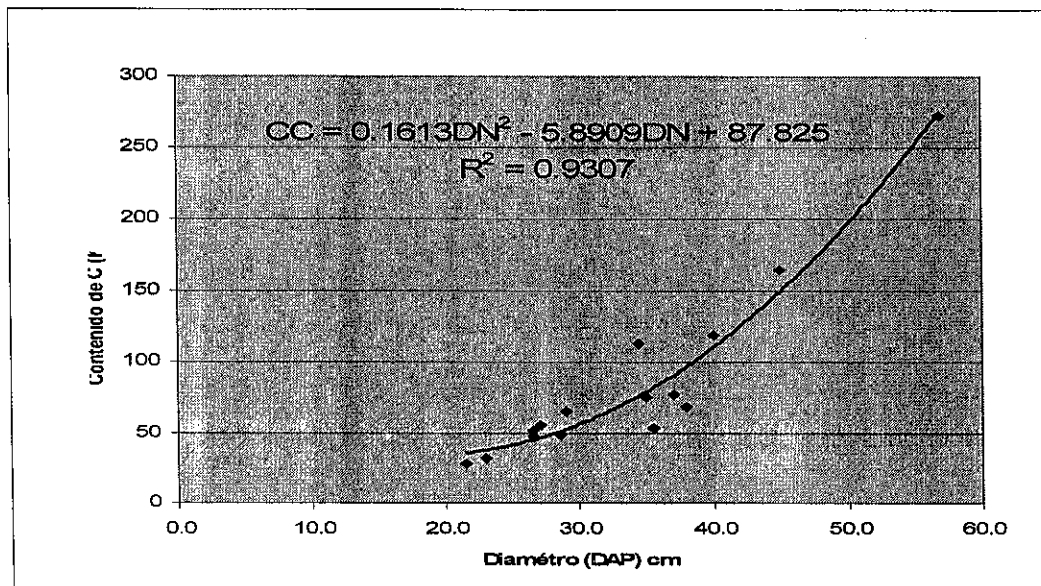


Figura 4.7. Valores observados de Carbono por árbol y clase diamétrica de *Enterolobium cyclocarpum*.

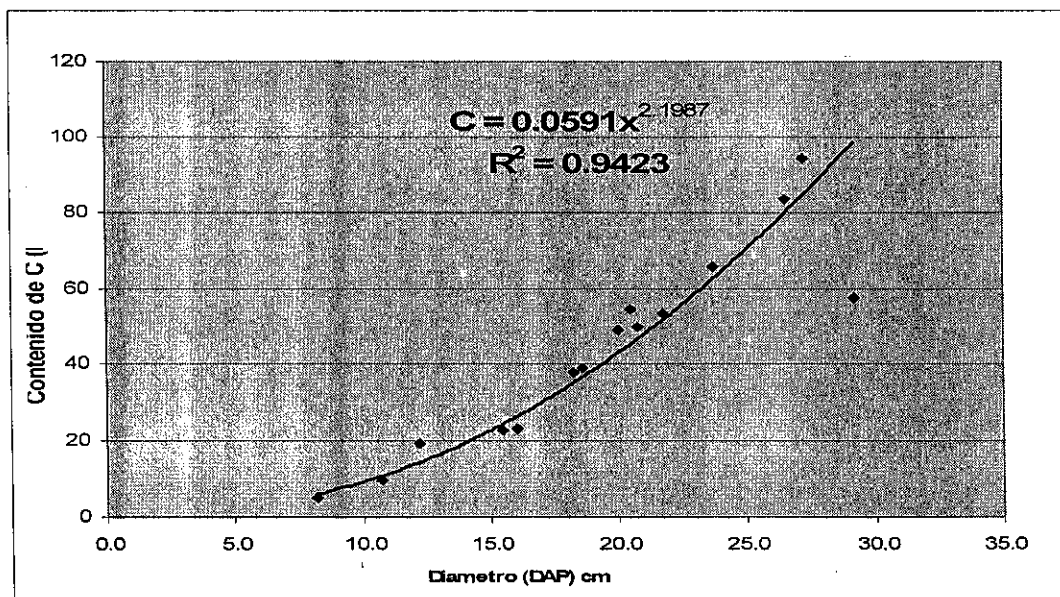


Figura 4.8. Valores observados de Carbono por árbol y clase diamétrica de *Tabebuia rosea*.

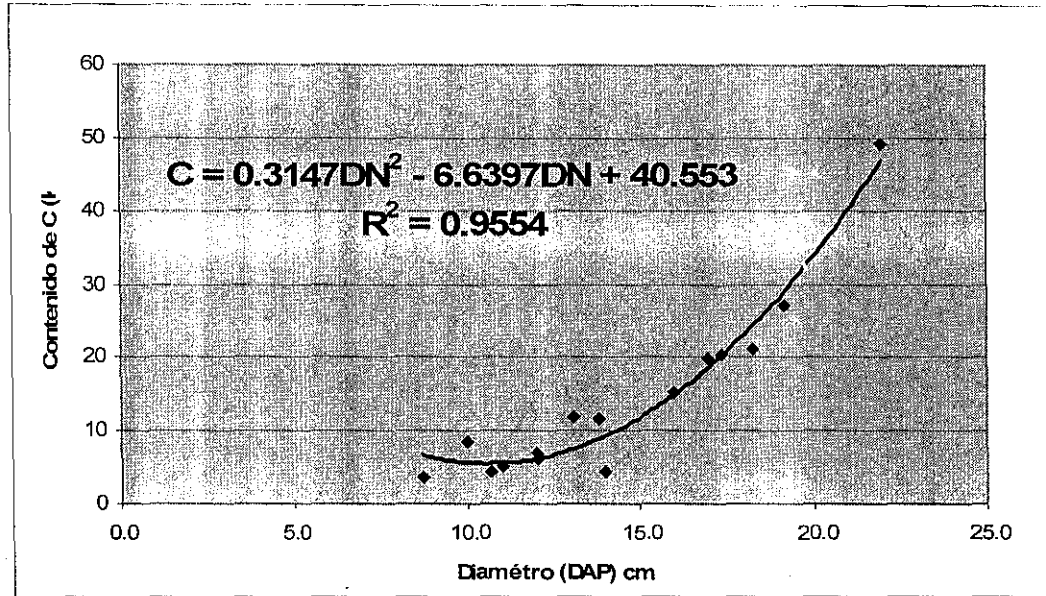


Figura 4.9. Valores observados de Carbono por árbol y clase diamétrica de *Cedrela odorata*.

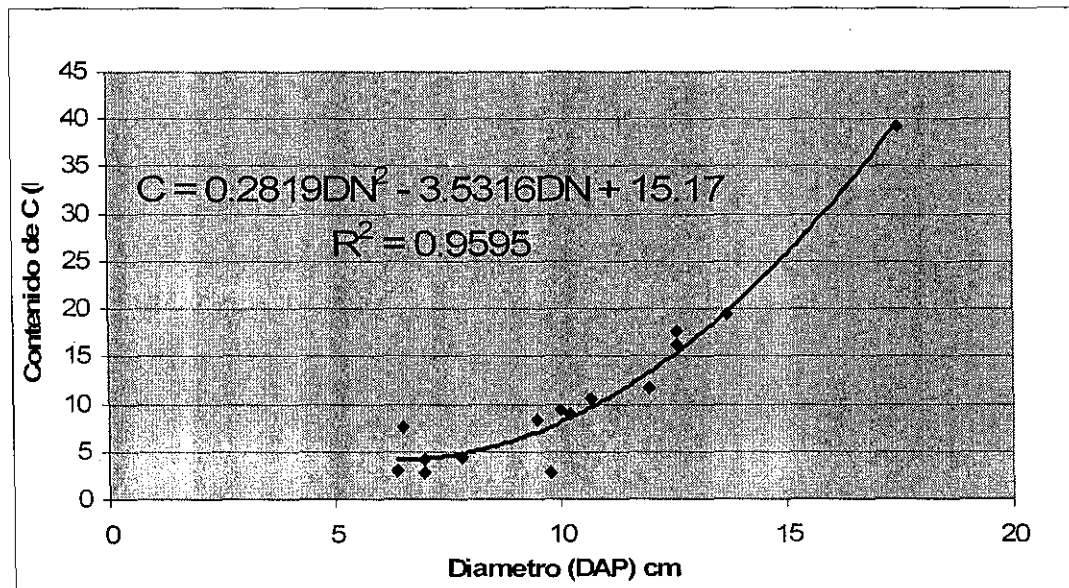


Figura 4.10. Valores observados de Carbono por árbol y clase diamétrica de *Swietenia macrophylla*.

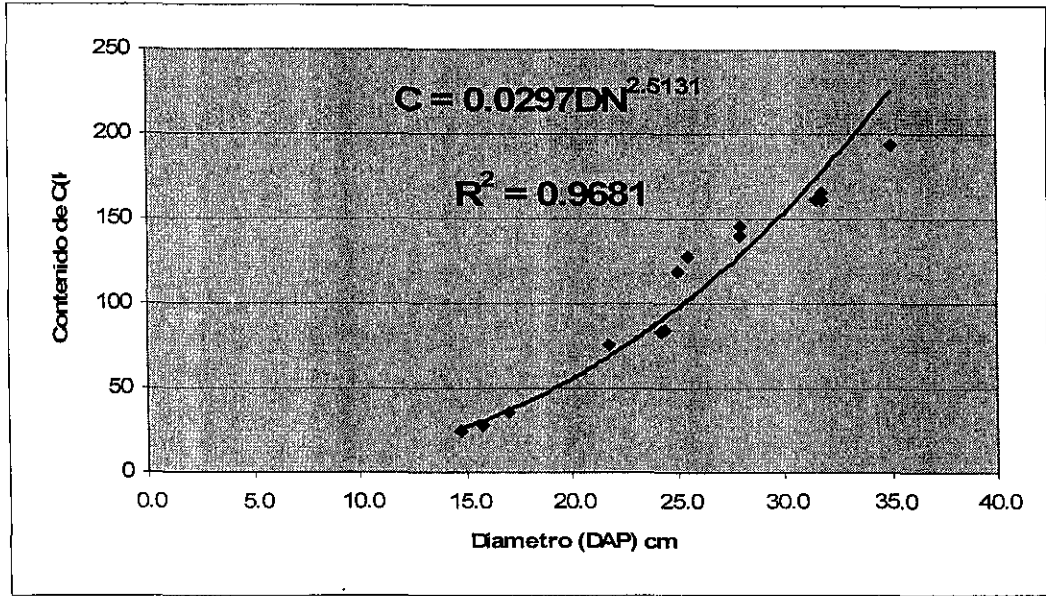


Figura 4.11. Valores observados de Carbono por árbol y clase diamétrica de *Tectona grandis*.

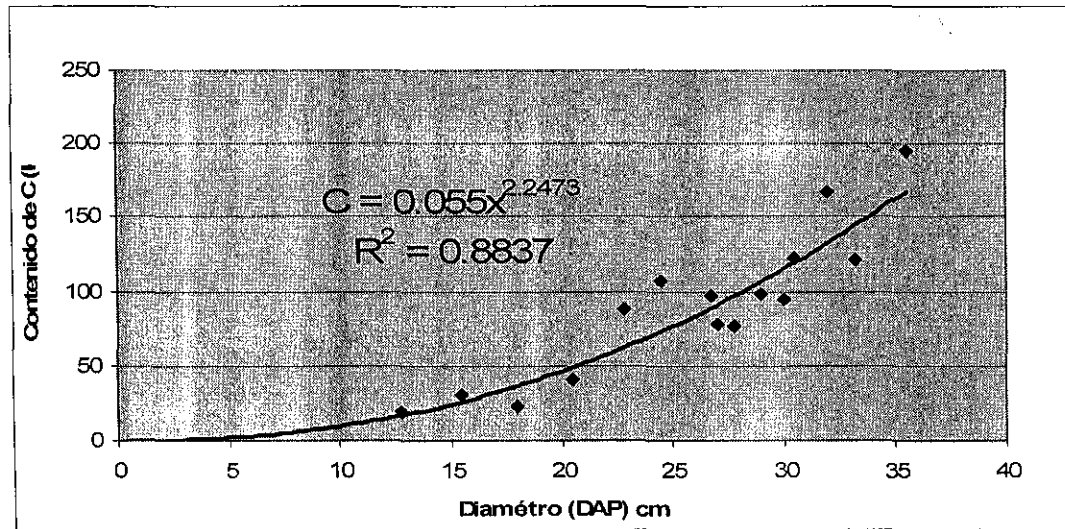


Figura 4.12. Valores observados de Carbono por árbol y clase diamétrica de *Gmelina arborea*.



#### 4.10. CUADROS

Cuadro 4.1. Número de muestras y distribución por especie.

Especie	Rodajas (Fuste)	Follaje	Brazuelo	Ramas	Total muestras
<i>Cedrela odorata</i>	49	15	12	15	91
<i>Swietenia macrophylla</i>	20	17	14	15	66
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	84	14	14	14	126
<i>Tabebuia rosea</i>	55	19	15	15	104
<i>Tectona grandis</i>	68	31	20	20	139
<i>Gmelina arborea</i>	84	23	16	19	142
<b>Total =</b>	<b>360</b>	<b>119</b>	<b>91</b>	<b>98</b>	<b>668</b>

Cuadro 4.2. Modelos empleados para estimar biomasa aérea de especies tropicales.

Especie	Modelo	R <sup>2</sup>
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Polinomial $B = 0.3778X^2 - 13.799X + 205.73$	0.9307
<i>Tabebuia rosea</i>	Potencial $B = 0.1385 X^{2.1987}$	0.94.23
<i>Cedrela odorata</i>	Polinomial $B = 0.7371 X^2 - 5.5533 X + 94.9946$	0.9554
<i>Swietenia macrophylla</i>	Polinomial $B = 0.6603 X^2 - 8.2725 X + 35.535$	0.9595
<i>Tectona grandis</i>	Potencial $B = 0.0696 X^{2.6131}$	0.9681
<i>Gmelina arborea</i>	Potencial $B = 0.1288X^{2.2473}$	0.8837

Cuadro 4.3. Características de árboles muestra por especie para determinar ecuaciones matemáticas y estimar biomasa.

Especie	No. de árboles	Diámetro a la altura del pecho (DAP)** cm.				Biomasa por árbol (kg)			
		Promedio	Mínimo	Máximo	Sd*	Promedio	Mínimo	Máximo	Sd*
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	15	33.6	21.5	56.8	9.24	198.6	64.1	637.9	148.26
<i>Tabebuia rosea</i>	15	19.28	8.2	29.2	6.07	103.7	11.5	220.6	60.14
<i>Cedrela odorata</i>	15	14.3	8.7	22.0	3.82	33.7	8.6	114.9	28.28
<i>Swietenia macrophylla</i>	15	10.22	6.4	17.5	3.11	25.9	6.3	92.1	22.25
<i>Tectona grandis</i>	15	25.22	14.8	35.0	6.08	258.57	57.22	453.44	129.98
<i>Gmelina arborea</i>	15	25.72	12.8	35.5	6.64	212.1	43.4	458.6	117.91

\* = Desviación estándar

\*\*= Diámetro a la altura del pecho (1.30 m).

Cuadro 4.4. Distribución del arbolado por categoría diamétrica de las especies forestales en estudio.

Categoría Diamétrica (cm)	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (No. árboles)	<i>Tabebuia rosea</i> (No. árboles)	<i>Cedrela odorata</i> (No. árboles)	<i>Swietenia macrophylla</i> (No. árboles)	<i>Tectona grandis</i> (No. árboles)	<i>Gmelina arborea</i> (No. árboles)
5-10		1	1	7		
10-15		2	8	7	1	1
15-20		4	5	1	2	2
20-25	2	6	1		4	4
25-30	5	2			4	4
30-35	1				3	4
35-40	4				1	1
40-45	1					
45-50	1					
50-55						
55-60	1					
Total	15	15	15	15	15	16

Cuadro 5. Distribución de biomasa promedio por componente y especie.

Especie	Componente				Biomasa Total (kg/árbol)
	Fuste (kg)	Brazuelo (kg)	Leña (kg)	Follaje (kg)	
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	133.5	34.2	21.9	8.9	198.60
<i>Tabebuia rosea</i>	60.0	15.4	18.2	10.2	103.70
<i>Cedrela odorata</i>	25.2	3.6	3.1	1.8	33.7
<i>Swietenia macrophylla</i>	12.3	5.0	5.9	2.6	25.9
<i>Tectona grandis</i>	171.4	31.4	38.3	17.4	258.6
<i>Gmelina arborea</i>	157.8	27.0	16.8	10.5	212.1

Cuadro 4.6. Modelos empleados para estimar carbono en biomasa aérea de especies tropicales.

Especie	Modelo	R <sup>2</sup>
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Polinomial $C = 0.1613DN^2 - 5.8909DN + 87.825$	0.9307
<i>Tabebuia rosea</i>	Potencial $C = 0.0591DN^{2.1987}$	0.9423
<i>Cedrela odorata</i>	Polinomial $C = 0.3147DN^2 - 6.6397DN + 40.553$	0.9554
<i>Swietenia macrophylla</i>	Polinomial $C = 0.2819DN^2 - 3.5316DN + 15.17$	0.9595
<i>Tectona grandis</i>	Potencial $C = 0.0297DN^{2.5131}$	0.9681
<i>Gmelina arborea</i>	Potencial $C = 0.055DN^{2.2473}$	0.8837

Cuadro 4.7. Características de árboles muestra por especie para determinar ecuaciones alométricas y estimar contenido de carbono.

Especie	No. de árboles	Diámetro a la altura del pecho (DAP) cm.				Contenido de carbono por árbol (kg)			
		Promedio	Mínimo	Máximo	Sd	Promedio	Mínimo	Máximo	Sd
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	15	33.6	21.5	56.8	9.24	84.78	27.35	272.34	63.29
<i>Tabebuia rosea</i>	15	19.28	8.2	29.2	6.07	44.28	4.91	94.18	25.67
<i>Cedrela odorata</i>	15	14.3	8.7	22.0	3.82	14.37	3.69	49.07	12.07
<i>Swietenia macrophylla</i>	15	10.22	6.4	17.5	3.11	11.07	2.69	39.32	9.50
<i>Tectona grandis</i>	15	25.22	14.8	35.0	6.08	110.39	24.43	193.58	55.48
<i>Gmelina arborea</i>	15	25.72	12.8	35.5	6.64	90.55	18.52	195.78	50.34

Cuadro 4.8. Distribución de carbono promedio por componente y especie

Especie	Componente				Carbono Total (kg/árbol)
	Fuste (kg)	Brazuelo (kg)	Leña (kg)	Follaje (kg)	
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	57.0	15.0	9.0	4.0	85.0
<i>Tabebuia rosea</i>	26.0	7.0	8.0	4.0	45.0
<i>Cedrela odorata</i>	11.0	2.0	1.3	0.8	15.0
<i>Swietenia macrophylla</i>	5.0	2.0	3.0	1.0	11.0
<i>Tectona grandis</i>	73.0	13.0	16.0	7.0	110.0
<i>Gmelina arborea</i>	67.0	12.0	7.0	4.0	90.0

## CAPITULO 5

### COSTOS Y BENEFICIOS ECONÓMICOS EN EL ESTABLECIMIENTO, MANEJO Y APROVECHAMIENTO DE LAS PLANTACIONES FORESTALES.

#### RESUMEN

Los proyectos de plantaciones forestales tienen un horizonte de planeación a largo plazo; lo que dificulta la proyección y evaluación de beneficios y costos respectivamente. En el presente trabajo, se describen y analizan las diversas actividades que se llevaron a cabo para el establecimiento, manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales de *Gmelina arborea*, *Roseodendron donnell Smithii* y *Tabebuia rosea*, por ser estas especies las más promisorias, para el establecimiento de plantaciones en las regiones Costa de Jalisco, Santiago Ixcuintla, Nayarit y Tecoman, Colima respectivamente. La plantación en Jalisco se estableció en el año de 1994 con espaciamento entre plantas de 3 x 3 m. Las plantaciones de Nayarit y Colima ambas se establecieron en el año de 1992, las tres con un total de 1111 árboles por hectárea. Las plantaciones se establecieron con un diseño de parcelas divididas en la cual, las parcelas mayores fueron para el tratamiento de riego y sin el, las parcelas menores fueron para tres niveles de fertilización (15-15-15), (80-40-40), y un testigo con tres repeticiones. Para fines estimativos de los costos y beneficios que se pueden generar en una plantación, no obstante que se encuentran mezcladas se consideraron como plantaciones puras de *Gmelina arborea*, *Roseodendron donnell Smithii* y *Tabebuia rosea*, cuyos costos de establecimiento y manejo fueron de \$ 78, 251.00, \$ 87,683.00 y \$ 66,407.00 respectivamente con una duración del proyecto de 20 años para cada una de ellas. Los beneficios estimados para la *Gmelina arborea* están relacionados con dos aclareos y un aprovechamiento cuyos valores fueron; \$ 80,000.00, \$ 149,400.00 y \$ 248,700.00 respectivamente, con un beneficio total de \$ 478,100.00. En cuanto a *Roseodendron donnell Smithii* y *Tabebuia rosea*, los beneficios se estimaron en base a un aclareo y un aprovechamiento para ambos casos, con valores de \$ 91,000.00 y \$ 271,000.00, y un total de \$362,000.00 para la *Roseodendron donnell Smithii*. En cuanto a *Tabebuia rosea* el valor del aclareo fue de \$35,200.00 y \$97,600.00 del aprovechamiento resultando una suma total del beneficio de \$132,800.00. El indicador empleado para definir la rentabilidad de las plantaciones fue el de la relación Beneficio/Costo, arrojan los valores de 6.11 en lo que se refiere a la *Gmelina arborea*, 4.13 para *Roseodendron donnell Smithii* y 2.00 para *Tabebuia rosea*. Lo anterior significa que por cada peso que se invirtió en las plantaciones forestales se obtendrán \$ 6.11, \$ 4.13 y \$ 2.00 respectivamente, lo cual resulta muy atractivo para efectos de inversión en las plantaciones forestales con estas especies.

## 5.1. INTRODUCCIÓN

La elaboración de un proyecto de plantaciones forestales es una tarea exigente, debido a las características especiales de la actividad forestal. El horizonte de planeación generalmente es a largo plazo, lo que causa dificultades en la proyección y evaluación de beneficios y costos respectivamente (Flores *et al.*, 1995).

Una vez resuelta la factibilidad técnica y las diversas alternativas posibles para la materialización de un proyecto de plantaciones forestales, el siguiente paso es realizar un análisis financiero a fin de evaluar su rentabilidad y definir la mejor alternativa de inversión. La evaluación económica requiere de la cuantificación de los costos e ingresos, asociados a un proyecto de plantaciones forestales, distribuidos en la vida útil del mismo. Para evaluar el proyecto, se debe utilizar el precio del mercado que rige al momento de efectuarla; se supone que no hay cambios en los precios relativos y que el factor inflación afecta por igual a los costos y beneficios (Patiño *et al.*, 1993).

Dentro de un proyecto de plantaciones forestales, en el periodo de producción de madera en pie, hay inicialmente costos de establecimiento, cultivo y manejo, luego puede haber algunos aprovechamientos parciales o aclareos que produzcan un ingreso neto en el año que se efectúa, para seguir luego con costos durante algunos años y recibir nuevos ingresos por otros aclareos y así sucesivamente hasta llegar a la cosecha e ingresos finales (Patiño *et al.*, 1993).

En el presente trabajo se pretende elaborar un documento que describa de manera amplia y precisa, los elementos que conforman los costos y beneficios económicos que se derivan con el establecimiento, manejo y aprovechamiento de las plantaciones forestales de las especies más sobresalientes en Jalisco (*Gmelina arborea*), Nayarit (*Tabebuia rosea*) y Colima (*Roseodendron donnell Smithii*), de tal manera que dicha información pueda servir como guía a productores y autoridades forestales en la toma de decisiones para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales.

## **5.2. OBJETIVO GENERAL**

Documentar y conocer los costos y beneficios que se generan en el establecimiento, manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales comerciales de *Gmelina arborea*, *Tabebuia rosea* y *Roseodendron donnell Smithii* en Jalisco, Nayarit y Colima..

### **5.2.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Generar información que pueda servir de apoyo a productores y técnicos profesionales para valorar las plantaciones y evaluar el beneficio de las inversiones en las mismas.

Identificar las variables económicas que inciden en los costos y beneficios que se generan en las plantaciones forestales, con el propósito de fundamentar económicamente si es o no rentable invertir en plantaciones forestales e influir en la toma de decisiones.

## **5.3. REVISION DE LITERATURA**

### **5.3.1. Aspectos económicos**

De acuerdo con Patiño *et al.*, (1993) la evaluación económica de una plantación forestal, requiere de la cuantificación de los costos e ingresos asociados al proyecto de una plantación forestal, los cuales estarán distribuidos en la vida útil de la misma.

Por su parte Cabrera (1991), señala que los costos en las evaluaciones forestales expresan el costo de adquisición del terreno, del establecimiento de la plantación, del cultivo, del combate de la maleza, y costo de la planta, entre otros. Patiño *et al.*, (1993) mencionaron que los costos deben expresarse en una misma unidad monetaria y física por unidad de superficie; o costos por unidad de volumen de madera producida, pero generalmente solo el costo final, se expresa en esa forma y es el cociente de dividir los costos entre el volumen existente, en la unidad de superficie considerada.

Cortes y Contreras (1974) y Cabrera (1991), indicaron que la sumatoria de los costos, capitalizados a la tasa de interés pertinente, descontando ingresos en el período, es lo que se denomina costo de reposición, que es un método utilizado para determinar el valor de una plantación en pie, especialmente plantaciones jóvenes, cuando no existe un valor de mercado.

En relación a los ingresos Patiño *et al.*, (1993) describieron que estos deben de expresarse en la misma unidad que los costos para fines de análisis de rentabilidad y que los elementos de ingresos son básicamente de la venta de productos y el valor residual del proyecto.

En tanto que Cabrera (1991), aclara que el ingreso total por la venta de productos es la suma de la cantidad de cada tipo de producto multiplicado por su respectivo precio.

$$IT = (q_a \times P_a) + (q_b \times p_b) + \dots + (q_n \times p_n)$$

Donde:

IT= Es el Ingreso total en pesos (\$) por hectárea

$q_a, q_b, \dots, q_n$ = Cantidad de Madera de tipo a, b, ..., n, en metros cúbicos ( $M^3$ ) por hectárea.

$P_a, p_b, \dots, p_n$ = Es el precio de la Madera de tipo a, b, ..., n,

Son los diferentes tipos de productos obtenidos en la plantación.

De acuerdo con Patiño *et al.*, (1993) la determinación de los precios de la madera en pie se hace en función directa a los precios vigentes en el mercado; sin embargo y especialmente en la actividad forestal, esto no siempre es posible, ya que la mayoría de las transacciones se realizan con la madera en trozas puestas en algún lugar y no necesariamente en pie.

Al respecto Cabrera (1991), explicó que la vía indirecta para resolver lo anterior, es utilizar el método del valor residual, que consiste básicamente en que a partir del precio de mercado de un producto, se le descuenten todos los costos de transformación, tanto de forma como de lugar y un margen de utilidad y riesgo; el saldo es el valor de la madera en pie.

Según Patiño *et al.*, (1993) en un proyecto forestal el valor residual, una vez vendida la madera producida, lo constituye el valor del terreno. El terreno no se deprecia, ya que no se agota ni se mejora durante la vida de la plantación. Lo que ha llevado en la práctica es que se considere como valor de reventa por lo menos al precio que se adquirió.

Para el caso de la producción de materia prima para celulosa o tableros aglomerados, algunas especies forestales regeneran naturalmente brotes que pueden dar origen a una nueva población para manejo por monte bajo, en este caso los tocones toman un valor residual que debe de considerarse, ya que ahorran completamente el costo de establecimiento de la plantación para la rotación siguiente.

Los mismos autores aclararon, que los flujos de costos o ingresos por separado, aun con cifras extremas, no deben de considerarse nunca como elementos de decisión; esto debido a que en muchos casos, dentro de la actividad forestal se da la relación "mayor costo, mayor ingreso" y viceversa, como sucede en los mejores sitios en donde el costo de preparación y establecimiento, pueden ser mayores y en donde a su vez, los rendimientos volumétricos originan también ingresos altos.

En otras localidades con sitios pobres, los costos de establecimiento pueden ser altos, los crecimientos lentos y por consecuencia los rendimientos volumétricos menores, sin embargo en algunos casos la madera tiene un alto valor unitario, en ocasiones mayor al de sitios, como al mencionado en primer termino.

### **5.3.2. Criterios de evaluación económica**

Patiño *et al.*, (1993) afirmaron que la decisión de la conveniencia económica de un proyecto de plantaciones forestales, debe realizarse en función del análisis conjunto del flujo de costos e ingresos, utilizando ciertos criterios e indicadores objetivos de rentabilidad.

Flores *et al.*, (1995) mencionaron que los métodos e indicadores que se emplean más comúnmente para efectuar el análisis financiero de los proyectos productivos, son: Tasa interna o financiera de retorno, la cual es un indicador sobre la inversión total y sus beneficios económicos al empresario o entidad económica. Por eso, se incluyen solamente los costos financieros incurridos actualmente. Cabrera (1991), especificó que entre los indicadores económicos más conocidos están el Valor Actual Neto (VAN) y la tasa Interna de Retorno (TIR). Otros indicadores mencionados por el autor son la Relación Beneficio Costo (BC) y el período de recuperación del capital. Otro indicador importante para productores es el incremento porcentual promedio de ingresos del productor.

#### **5.3.2.1. Valor Actual Neto o Valor Presente Neto (VAN o VPN).**

En cuanto al indicador de rentabilidad denominado Valor actual Neto o Valor Presente Neto (VAN o VPT), Patiño *et al.*, (1993) indicaron que la regla universal para que un proyecto se justifique económicamente se cumple cuando el ingreso neto, o sea los ingresos totales menos los costos, (que se obtienen al final de un periodo determinado) debe ser mayor que el ingreso neto que podría obtenerse durante el mismo período.

El Valor Actual Neto se define como la diferencia entre la sumatoria de los ingresos y la sumatoria de los costos, tanto de inversión como de operación, a través del tiempo. Se expresan para un mismo momento mediante una tasa de descuento. La tasa de descuento o actualización es un dato externo al proyecto y se fija de acuerdo con la tasa de interés del mercado de capitales (Cabrera, 1991). Por su parte Flores *et al* (1995), señalaron que el Valor Presente Neto (VPN), expresa la posibilidad de ganancias en términos absolutos. Cabe mencionar que su valor depende sustancialmente de la tasa de descuento utilizada.

En el caso de proyectos forestales, como son las plantaciones Patiño *et al.*, (1993) describieron que algunos analistas estiman, que por el grado de riesgo que estos proyectos involucran, se les debe sumar uno o dos puntos a la tasa correspondiente del mercado, lo que implica en la práctica castigar el proyecto, o exigirlo para reconocer e incorporar el factor incertidumbre.



La expresión matemática del Valor Actual Neto es como sigue:

$$VAN = \frac{IN_0}{(1+i)_0} + \frac{IN_1}{(1+i)_1} + \frac{IN_2}{(1+i)_2} + \dots + \frac{IN_n}{(1+i)_n}$$

Donde:

IN = Ingreso Neto (positivo o negativo) obtenido a partir de los ingresos y los costos.

i = es la tasa de descuento

n = es el último año del proyecto

La tasa de descuento puede variar en el tiempo y cuando esto ocurra y se conoce, la expresión matemática del VAN es la siguiente:

$$VAN = \frac{IN_1}{(1+i_1)} + \frac{IN_2}{(1+i_1)(1+i_2)} + \frac{IN_3}{(1+i_1)(1+i_2)(1+i_3)} + \dots$$

La regla de decisión utilizando este indicador, es que un proyecto es rentable si el VAN es positivo, es decir si el valor actual neto de los ingresos es mayor que el valor actual del flujo de costos, cuando estos se actualizan con la misma tasa de descuento. Por su parte Flores *et al.*, (1995) señaló que matemáticamente el Valor presente Neto (VPN), se puede expresar como sigue:

$$VPN = \sum_{t=0}^T \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

Donde:

B<sub>t</sub> = Beneficios en año t

C<sub>t</sub> = Costos en año t

t = Años 0, 1, 2, 3, ..... T

i = Tasa de descuento

Un VAN positivo indica que se recuperan los costos, se reciben intereses de una magnitud "i" sobre la inversión y se obtiene un excedente equivalente al monto del VAN, es decir cuánto más rico o más pobre (si el VAN es negativo) se hace un inversionista por efectuar el proyecto, en comparación con dejar de realizar el mejor proyecto alternativo que tiene.

Si el VAN es cero, no significa que el proyecto no sea rentable, sino que se recuperan los costos y se recibe un interés igual a la tasa de descuento utilizada "i". El VAN indica para cada proyecto, un monto de ingresos neto (positivo, negativo o nulo), que permite una serie de aplicaciones en el análisis económico (Patiño *et al.*, 1993).

El VAN no presenta el monto de inversión de los proyectos, lo que unido a la forma y perfil de los flujos y la tasa de descuento puede inducir a errores. Por ejemplo; a mayor tasa de descuento menos importantes son los costos e ingresos del futuro y más importantes los costos e ingresos cercanos al inicio del proyecto.

En el caso de proyectos forestales como las plantaciones forestales, en los que hay un costo importante al inicio y un ingreso considerable sólo al final de la rotación; una tasa alta de descuento hace el proyecto menos atractivo frente a otro alternativo, de igual inversión y vida útil, que tenga los ingresos más cercanos al inicio. En cambio una tasa de descuento baja favorece la inversión forestal y puede hacerla preferible frente al mismo proyecto alternativo (Patiño *et al.*, 1993).

### 5.3.2.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Según Cabrera (1991) la tasa interna de retorno (TIR) es la tasa de descuento que hace que el valor actual neto (VAN) sea igual a cero y su formula matemática que expresa lo anterior es como sigue:

$$VAN = \frac{IN_0}{(1+Z)_0} + \frac{IN_1}{(1+Z)_1} + \frac{IN_2}{(1+Z)_2} + \dots + \frac{IN_n}{(1+Z)_n} = 0$$

Donde Z= TIR del proyecto

Este indicador representa el retorno porcentual que el proyecto genera periódicamente por T períodos, suponiendo que el flujo de ingresos netos se reinvierte en otros proyectos a la misma TIR. Por su parte Flores *et al.*, (1995) describieron que la tasa calculada o descuento o TIR expresa el potencial de ganancias de los fondos invertidos en un proyecto y se describe matemáticamente de la manera siguiente:

$$TIR = \sum_{t=0}^T \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} = 0$$

Donde:

$B_t$  = Beneficios en año t

$C_t$  = Costos en año t

t = Años 0, 1, 2, 3,..... T

i = Tasa de descuento, equivalente a la TIR

La regla de decisión según Cabrera (1991) es; si la TIR del proyecto es mayor que el costo del capital (tasa de interés correspondiente), el proyecto es rentable y que por tratarse de un porcentaje, este indicador no advierte sobre el tamaño de la inversión.

Además, sus principales ventajas consisten en que considera los efectos de proyectos con vidas útiles diferentes y no requiere suposiciones para el costo del capital. Sin embargo, al aplicarse a la evaluación de proyectos forestales presenta algunas limitantes.

En el caso de que durante la vida útil de un proyecto se alternen ingresos netos negativos con ingresos netos positivos más de una vez, es decir que haya cambios alternados de signo en el polinomio que expresa el flujo neto, el método puede arrojar más de un valor para TIR.

En un proyecto de plantaciones forestales, en el periodo de producción de madera en pie, hay inicialmente costos del establecimiento, cultivo y manejo, luego puede haber un aclareo que produzca un ingreso neto en el año en el que se efectúa, para seguir luego con costos durante algunos años y recibir nuevos ingresos por otro aclareo y así sucesivamente hasta llegar a la cosecha e ingresos finales (Patiño *et al.*, (1993). De acuerdo a lo anterior Cabrera (1991) comentó que puede haber tantas TIR como veces se alternen los signos.

De acuerdo con Patiño *et al.*, (1993) otro problema de la TIR es la probabilidad de que la tasa de interés de mercado por alguna razón varíe durante período del proyecto. Así, si un proyecto dio una TIR del 15 % y en ese momento la tasa de interés de comparación tuvo un carácter temporal con valor de 10 %, el proyecto es conveniente, pero si al año siguiente ésta última sube a 16 %, ya no lo es.

En este caso, el VAN podría haber resultado negativo en el primer momento, si el proyecto hubiera utilizado una tasa de descuento esperado de un 16 %. Este punto es importante cuando hay señales de que la tasa de descuento será variable, ya que esto infiere que los ingresos netos de cada periodo pueden reinvertirse en la tasa de interés que regirá durante ese tiempo y no a la tasa que rige en el momento ni tampoco a la TIR correspondiente.

### **5.3.2.3. Relación Beneficio-Costo (B/C).**

La relación Beneficio Costo es otro indicador de la rentabilidad de un proyecto, en la cual el criterio es que si la razón entre los ingresos brutos actualizados y los costos actualizados es mayor que la unidad, la ejecución del proyecto es conveniente. Su principal limitante es que solo sirve para señalar si un proyecto es o no rentable.

No es adecuado para comparar ni elegir entre diferentes proyectos, debido a que no toma en cuenta el tamaño o escala de la inversión. Además, el resultado depende de si los costos de operación del proyecto se deducen de los ingresos brutos del numerador o se adicionan a los costos del denominador, ya que según se clasifiquen podrá haber varias relaciones BC para el mismo proyecto.

### 5.3.3. Características de especies forestales

#### 5.3.3.1. *Gmelina arborea*

**Nombre científico:** *Gmelina arborea* (Roxb.)

**Familia:** Verbenaceae

**Sinónimos:** *Gmelina arborea* Linn

**Nombres comunes:** En América tropical se le conoce como melina, en Indonesia se le conoce como yamane y en la India gamari o gumadi. Otros nombres son gemelina, gmelina, gumhar, kashmir tree, malay beechwood, snapdragon, teca blanca, yamani (Birmania), so, so-maao (Tailandia), kumhar, sewan (Pakistán), shivani (India central), gamar (Bangladesh).

**Varietades:** han sido reportadas tres variedades de la especie: *Gmelina arborea* var. *arborea*, *Gmelina arborea* var. *Glaucescens* y *Gmelina arborea* var. *Canencens*, y su mayor diferencia está dada por su distribución natural. El género *Gmelina* fue descrito por Linneo en 1742 y la especie *arborea* fue descrita por Roxburg en 1814.

**Origen:** La *Gmelina arborea* es nativa de la India, Bangladesh, Sri Lanka, Myanmar, Tailandia, Sur de China, Laos Camboya y Sumatra en Indonesia y es una importante fuente maderera en las regiones tropicales y subtropicales de Asia.

**Distribución Natural:** Se desarrolla entre las latitudes 5° a 30° N, desde el sudeste asiático, incluyendo Pakistán hasta Camboya y China meridional (Rojas y Murillo, 2004).

En América tropical la especie se ha introducido a Brasil, Honduras y Panamá (Cruz y de la Garza, 2003). En México la Melina fue introducida en 1971, al Campo Experimental El Tormento (ahora Ing. Eduardo Sangri Serrano) del INIFAP, en Escárcega, Campeche. La introducción se realizó a partir de semilla procedente de poblaciones naturales de la India y de plantaciones de Sierra Leona, Nigeria y Sudáfrica; también de casas comerciales de Holanda de procedencia desconocida.

Esta especie se adapta fácilmente a las condiciones tropicales de México en donde ha prosperado bien, tanto en condiciones de trópico húmedo (Campeche, Tabasco, Veracruz, Quintana Roo, Chiapas y Oaxaca), como en el trópico seco (Nayarit, Colima, Guerrero y Yucatán). Se ha desarrollado adecuadamente en condiciones diversas de suelo, temperatura y precipitación (Patiño *et al.*, 1993).

### **Descripción de la especie**

Melina es una especie de rápido crecimiento, oportunista en los bosques húmedos y se clasifica como una pionera de la vida larga. Su capacidad de rebrote es excelente y los brotes presentan un crecimiento rápido y vigoroso. Es caducifolia en las zonas secas, puede llegar a medir 30 metros de altura y presentar 80 cm de diámetro. Crece generalmente con un fuste de 6 hasta 9 m y una copa cónica (Rojas y Murillo, 2004).

### **Requerimientos ambientales**

Es una especie que crece en las regiones húmedas, subhúmedas y secas del trópico, puede tolerar, de 6 a 7 meses de estación seca y adaptarse a regiones con precipitaciones de al menos 700 mm anuales, resiste el calor y las heladas ligeras. Puede desarrollarse en suelos planos o de ladera, arcillosos y arenosos, ligeramente ácidos y lixiviados, alcalinos o calcáreos. Las condiciones óptimas para su aprovechamiento comercial son: 1200 a 2300 mm de lluvia anual, temperatura entre los 18 y 28 °C, suelos planos con textura ligera, de buen drenaje y sin sales, desde el nivel del mar hasta los 1200 msnm.

### **Usos**

**Maderable.** La madera es cremosa, café amarillo, de dureza blanda a media, con densidad básica de 0.4 a 0.6 g/cm<sup>3</sup>. La pulpa posee excelentes cualidades para producir papel de alta calidad, es utilizada como madera aserrada y chapa; para construcciones rurales, leña, postes, carbón, artesanías, instrumentos musicales, cabos para cerillos cercos vivos. La madera es fácil de aserrar, cepillar, tornear y taladrar. En acabados no presenta problemas para el pulido y es posible darle buenos acabados.

**Medicinal.** Los frutos, flores, hojas, raíces y corteza se utilizan para el tratamiento de la tos, fiebre, dolores de cabeza, problemas del estómago (tumores abdominales y diarrea), enfermedades de la sangre y cólera, es usada también como laxante y tónico para los nervios (Cruz y de la Garza, 2003).

#### **5.3.3.2. *Roseodendron donnell Smithii***

**Nombre científico:** *Roseodendron donnell Smithii*

**Familia:** *Bignoniácea*

**Sinónimos:** *Cybistax donnell smithii* (Rose) Seibert; *Tabebuia donnell-smithii* Rose (Pennington y Sarukhán, 1968; Niembro, 1986 y Musálem, 1991).

**Nombres comunes:** En México, según Pennington y Sarukhán, (1968) se le conoce con el nombre de Primavera (Chiapas, Campeche, Tabasco y Oaxaca), en tanto que Martínez, (1979) y Musálem, (1991) dicen que en Sinaloa y Colima se le conoce con el nombre de amapa y amapa amarilla, y que en el ámbito internacional como en Puerto Rico, Costa Rica y Guatemala también se le conoce como Primavera, sin embargo en algunas partes de México y Guatemala recibe el nombre de palo blanco, y en el Salvador se denomina como Cortez, y Cortez blanco.

**Distribución Natural:** Pennington y Sarukhán (1968), describieron que se distribuye en forma natural en la vertiente del Pacífico, desde Nayarit hasta Chiapas formando parte de selvas medianas subcaducifolias en suelos de origen volcánico y metamórficos. Aunque se ha reportado en Sinaloa (Martínez, 1979).

En tanto que la SEDER (1995), informó que en Jalisco se distribuye en la región de la costa, la cual forma parte de la Vertiente del Pacífico, pudiéndosele encontrar en los estados de Nayarit, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Campeche y Tabasco, formando parte de los bosques tropical perenifolio y tropical subcaducifolio.

**Descripción de la especie:** De acuerdo con Pennington y Sarukhán, (1968), y Musálem (1991), los árboles *Roseodendrom donnell smithii* llegan a medir de 20 a 30 m de altura, con un diámetro de 70 cm, con el tronco ligeramente acanalado y torcido; con ramas ascendentes gruesas, procedentes de bifurcaciones muy marcadas desde abajo, que se repiten a lo largo del fuste; la copa es alargada e irregularmente extendida. En los árboles jóvenes la bifurcación es muy apreciable, aunque se llega a establecer una rama de crecimiento líder y otra suprimida, dando como resultado un fuste no recto.

**Requerimientos ambientales:** Según Musálem (1991), se adapta bien a los ambientes del bosque tropical perennifolio y tropical subcaducifolio, en zonas cálidas tropicales y subtropicales, coincidiendo con la SEDER (1995). De acuerdo a la SEDER (1995), en Jalisco se han encontrado ejemplares en altitudes que varían de 0 a 600 msnm, coincidiendo con lo reportado por Webb (1984). En tanto que Musálem (1991), dice que la especie se desarrolla desde el nivel del mar hasta los 1000 msnm.

Según Musálem (1991), la primavera crece en un ámbito amplio de suelos de origen volcánico y metamórficos, y que resiste inundaciones parciales por algún tiempo. Indicó también que en América Central se le ha cultivado en varios tipos de suelos, además señaló que la especie no presenta mal desarrollo en suelos pesados y muy arcillosos como los vertisoles. Explicó que en México se ha cultivado en suelos de tipo Feosem Háplico, planos con resultados intermedios, en comparación con los obtenidos en suelos Vertisoles de ladera con pendientes de 10 a 30°C en Huehuetán, Chiapas.

En forma resumida respecto a los requerimientos de suelo el mismo Musálem (1991), indicó que requiere de suelos con profundidades de moderada a profundos, con textura arenosa a franca, soportando compactación, con buen drenaje aunque soporta inundaciones parciales por algún tiempo, pH ligeramente ácido y cuyas ordenes de suelo son: Alfisol, Entisol, Ultisol y Vertisoles.

Webb (1984), al respecto señala que la especie requiere de suelos profundos con textura: arenosa o franco-arenosa, con buen drenaje y pH de neutro o ácido. En tanto que la SEDER (1995), informó que se adapta satisfactoriamente en suelos con texturas medias, con pH de neutral a ácido y con buen drenaje. Por su parte la FAO (1994), informó que el pH de los suelos en los que se desarrolla varía de 5.0 a 7.5 mínimo y máximo respectivamente y como valor óptimo 6.2.

### Usos

**Maderable:** La maderá es de grano fino y textura media. Compacta, moderadamente pesada y fuerte. Sea la madera rubia o blanca, es muy estimada, aunque no es muy resistente a la pudrición, para enchapado de muebles, ebanistería y construcciones de interiores (Criviera, 2007).

#### 5.3.3.3. *Tabebuia rosea*

**Nombre científico:** *Tabebuia rosea*

**Familia:** Bignoniaceae

**Sinónimos:** Según Niembro (1986), *Tabebuia rosea* (Bertol) DC, también se le conoce con los siguientes nombres o sinónimos: *Tecoma rosea*, Bertol; *Tecoma evenia*, Donn-Smithii; *Tecoma punctatissima*, Kransl; *Tabebuia mexicana*, Mart. Ex DC; *Tabebuia pentaphylla*, (L.) Hemsley; *Tabebuia punctatissima*, (Kransl) Stand; *Cauralia rosea* (Bertol) Donn-Smith; *Sparattosperma rosea*, (Bertol) Miers. Por su parte Geilfus (1989), agregó otro sinónimo el cual denominó como *Tabebuia heterophylla*. Webb (1980), amplió a un sinónimo más cuyo nombre es el de *Tabebuia pallida* Miers.

**Nombres comunes:** En México recibe diferentes nombres dependiendo de la región o entidad donde se localiza, Pennington y Sarukhán (1968), indicaron como nombres comunes de la especie: Maculís, macuilís (Tabasco y Chiapas), Palo de rosa (Tamaulipas, San Luis Potosí, Norte de Puebla y Veracruz), roble y roble blanco (Oaxaca, Guerrero y San Luis Potosí), amapa rosa (Nayarit), macuil (Costa de Oaxaca), ampola (Sinaloa), rosa morada (Campeche y Quintana Roo), cul (Huasteco, S.L.P.), macuelis de bajo (zona Lacandona, Chiapas), hok'ab, kok'ab (maya, Yucatán), li-ma-ña (Chínanteco, Oaxaca), maculishuate, palo blanco, tural (Chiapas), nocoque (San Luis Potosí), palo yugo, primavera (Sinaloa), roble prieto (Norte de Oaxaca), roble de San Luis (S.L.P.), satanicua (Guerrero), yaxté (Tojolobal, Chiapas) y cacahua, ícotl (Sureste de San Luis Potosí).

Por otra parte Geilfus (1989), reportó que en otros países se conoce con los nombres comunes tales como: Roble blanco (República Dominicana), Roble de Guayaquil (Ecuador) y apamate (Venezuela).

**Origen:** La especie *Tabebuia rosea* (Bertol) DC, es un árbol originario de América y principalmente de las regiones tropicales (Martínez, 1997).

**Distribución Natural:** *Tabebuia rosea* es originaria de los bosques húmedos desde México y las Antillas hasta el Ecuador (Geilfus, 1989). Por su parte Webb (1984), opinó que se distribuye desde 2° latitud Sur a 20° de latitud Norte, abarcando desde México meridional hasta Venezuela y Ecuador, incluso en las Antillas Orientales. Se distribuye en la vertiente del Golfo de México, desde el Sur de Tamaulipas y Norte de Puebla y Veracruz hasta el Norte de Chiapas y Sur de Campeche; en la vertiente del Pacífico, se distribuye desde Nayarit hasta Chiapas (Pennington y Sarukhán, 1968).

**Descripción de la especie:** Pennington y Sarukhán (1968), describen que la especie presenta árboles que llegan a medir hasta 25 m. de altura, con tronco derecho, a veces ligeramente acanalado, con diámetros que llegan alcanzar hasta 70 cm. Niembro (1986), indicó que los árboles de esta especie llegan a medir de 20 a 30 m de altura.

La madera tiene una albura de color crema amarillento, con algunos vasos grandes y bandas conspicuas de parénquima paratraqueal (Pennington y Sarukhán, 1968). Según Webb *et al.*, (1984), es de buena durabilidad natural, con densidad de 0.52 a 0.62 g/cm<sup>3</sup>; es considerada fina y de fácil trabajabilidad

**Requerimientos ambientales:** Se adapta a climas cálidos húmedos y subhúmedos, es una especie caducifolia, altamente demandante de luz y de día largo. Webb (1984), reportó que se desarrolla en un rango altitudinal que va desde los 100 a 1000 msnm. Geilfus (1989), señala que se puede desarrollar muy bien desde el nivel del mar hasta los 1000 msnm.

Se reporta que la especie se desarrolla en temperaturas máximas promedio del mes más cálido de 23 a 30 °C, temperaturas mínimas promedio del mes más frío 17 a 22 °C, y una temperatura promedio anual de 22 a 32 °C (Webb, 1984). Por su parte la SEDER (1995), informó que la especie se desarrolla en climas que presentan temperaturas medias que van de 22 °C a 27°C. En tanto que la FAO (1994), informó que se desarrolla en sitios con temperaturas que varían de 17 a 30 °C mínima y máxima respectivamente, con una media anual de 27 °C la cual esta reportada como el valor óptimo para su buen desarrollo. Requiere de un régimen pluvial de 1250 a 2500 mm anuales (Webb, 1984).

Por su parte la SEDER (1995), reportó que la especie se desarrolla de 700 a 1800 mm anuales con seis meses secos durante el año. Por su parte la FAO (1994), informó que suele desarrollarse en sitios cuya precipitación mínima es de 1250 mm anuales, 3000 mm anuales como precipitación máxima y una precipitación media anual de 2000 mm, esta última considerada como óptima para el buen desarrollo de esta especie.



Se presenta indiferentemente en suelos de origen calizo, ígneo o aluvial, pero en general con algunos problemas de drenaje; alcanzando sus mejores desarrollos en los estados de Tabasco, Campeche y Chiapas (Pennington y Sarukhán, 1968). Crece bien en suelos pobres, ácidos, calizos y aun en suelos periódicamente inundados (Geilfus 1989).

Webb (1984), señaló que no es muy exigente y se adapta a suelos con textura arenosa o franco-arenosa, con pH alcalinos, neutros o ácidos y que tolera inundaciones breves. En tanto que la FAO (1994), señaló que se desarrolla mejor en suelos cuyo pH varía de 6.0 a 8.0 mínimo y máximo respectivamente, con un valor óptimo de 7.0.

**Maderable:** Se le atribuye el don de árbol de uso múltiple, debido a que se emplea para varios usos como son: ornato, aserrío, fabricación de muebles, utensilios, artesanías, medicinas y como mejorador de suelos (Martínez, 1997). La madera tiene una albura de color crema amarillento, con algunos vasos grandes y bandas conspicuas de parénquima paratraqueal (Pennington y Sarukhán, 1968). Según Webb *et al.*, (1984), es de buena durabilidad natural, con densidad de 0.52 a 0.62 g/cm<sup>3</sup>; es considerada fina y de fácil trabajabilidad.

De acuerdo con Pennington y Sarukhán (1968), la madera se ha usado para la fabricación de chapa, para madera terciada en las caras de vista, y afirmaron que podría usarse con éxito en las plantaciones comerciales.

Niembro (1986), señaló que la madera es de excelente calidad y se utiliza en la fabricación de muebles finos, la decoración de interiores, triplay, molduras y parquet. Explicó también que en la 1ª Guerra Mundial se exportaba con el nombre de caoba blanca y servía para la fabricación de hélices para aviones de combate. Martínez (1997), opinó que el árbol como tal sirve para sombra y ornato a la orilla de caminos, avenidas, en parques y jardines por la belleza de sus flores. Por último explicó que otro uso que se le da es de cerco vivo y árbol de sombra para el ganado.

**Medicinal.** la infusión que se obtiene del cocimiento de sus hojas se usa en medicina casera (Martínez, 1997).

## **5.4. MATERIALES Y METODOS**

En el presente trabajo se incluyeron los costos y beneficio de las especies forestales más sobresalientes de cada uno de los estados de Jalisco, Nayarit y Colima, por lo tanto en el siguiente punto se describe la ubicación del área de estudio de cada uno de ellos.

### **5.4.1. Ubicación del área de estudio**

#### **(a). Jalisco**

El trabajo de campo se llevó a cabo en el "Sitio Experimental Costa de Jalisco" el cual pertenece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias.

Este Sitio se localiza en el Km 204 de la carretera Guadalajara-Barra de Navidad, en el municipio de la huerta del estado de Jalisco, entre los 19° 31' 15" latitud norte y 104° 32' 00" longitud oeste, a una altitud de 298 msnm. El clima de la región esta clasificado como Aw1 con lluvias en verano. Con precipitación media anual de 1100 mm. Temperaturas medias máximas de 34 °C y medias mínimas de 12 °C, por lo que se considera un clima cálido sub húmedo. El tipo de suelo es Feozem Haplicos, con un pH de 6.7 (Benavides, 2007).

#### **(b). Nayarit**

La plantación en estudio fue establecida en el Campo Experimental "El Verdineño", perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Se localiza en el ejido "Sauta", en el Km. 7.5 de la carretera Sauta-Navarrete, municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit, en las coordenadas 21° 33' Latitud Norte y 105° 11' Longitud Oeste.

El clima del lugar es tropical subhúmedo (Aw2) con una precipitación anual de 1,200 mm y una temperatura media anual de 24 °C, predominan los suelos franco- arcillosos, la altura es de 50 msnm y el tipo de vegetación natural más común en la zona es Selva Mediana Subcaducifolia (Miranda y Hernández, 1963).

#### **(c ). Colima**

El Campo experimental de Tecoman, Colima, se localiza en el municipio del mismo nombre, en km 35 de la carretera Colima-Manzanillo, con 18° 55' de Latitud Norte y 103° 53' de Longitud Oeste, con una altitud de 40 m.s.n.m.

El clima corresponde al de un trópico seco, con una temperatura media anual de 26 °C, la temperatura promedio Máxima es de 36° C y la mínima promedio de 20 ° C. La humedad relativa es del 81 % y mínima del 50 %. La precipitación media anual es de 690 mm, el periodo de lluvias comprende de Junio a Octubre. Septiembre es el mes más lluvioso con 145 mm, seguido de Agosto y Julio (Villa *et al* 1996). El suelo del Campo Experimental corresponde a un franco en los primeros 30 cm de profundidad y un migajón-arcilloso de los 30 a los 50 cm. El Ph tiene valores entre 7.5 y 8. el porcentaje de materia orgánica va de 1.6 a 2.6 (Forte, 2005).

#### **5.4.2. Algunas consideraciones para el calculo de costos y beneficios**

Con la finalidad de ejemplificar el cálculo costos y beneficios de un proyecto de plantaciones forestales de especies tropicales, se han obtenido algunas cifras de costos e ingresos referenciales, de un proyecto de plantaciones forestales experimentales con *Gmelina arborea*, *Tabebuia rosea* y *Roseodendron donnell-smithii*, las cuales de manera independiente conforman una plantación.

Estas se establecieron en los años de 1994, 1992 y 1992 respectivamente, con un espaciamiento de 3x3m y cuyo diseño experimental fue el de parcelas subdivididas en donde la parcela mayor fue el riego y la fertilización fueron las parcelas menores.

Para el cálculo de los costos, sobre todo del establecimiento y manejo, se consideró el número de jornales y otros gastos que se emplearon para cada actividad. Se aplicó el valor actual correspondiente en cada caso con el fin de actualizar los costos y gastos que se requieren efectuar en estas actividades.

Es conveniente aclarar que las plantaciones, de donde se tomaron los datos, se establecieron con cepa común, y solamente se les practicó algunas actividades de manejo al inicio de las plantaciones, transcurriendo largos períodos sin intervenciones silvícolas. Por lo que los rendimientos en crecimiento y desarrollo pueden ser inferiores a los que se obtienen en una plantación con manejo de manera sistemática y adecuada.

Es importante mencionar que los costos y beneficios que se derivan de una plantación forestal, son muy variables ya que estarán sujetos a varios escenarios: se desmonta o no, el nivel de preparación del terreno (manual o mecánico), remoción o no del suelo, el sistema de plantación, ciertas características edafoclimáticas, de productividad, de calidad de sitio, de manejo y cultivo diferentes etc; lo que proporcionan otras cifras para los parámetros que se manejan en cada una de las plantaciones en estudio.

#### **5.4.2.1. Costo de establecimiento**

Para los presentes ejemplos se consideró el costo de establecimiento, manejo y aprovechamiento de las especies *Gmelina arborea*, *Tabebuia rosea* y *Roseodendron donnell Smithii*, por ser las especies que mejor desarrollo presentaron cada una en su región o estado.

Los cálculos de los costos de establecimiento, manejo y aprovechamiento, estarán bajo el supuesto que se trata de una hectárea con plantas de *Gmelina arborea*, *Tabebuia rosea* y *Roseodendron donnell Smithii*, las cuales se plantaron con una densidad de 1111 árboles por hectárea, para un turno de aprovechamiento de 20 años, pero con los rendimientos en volumen que estas especies presentaron realmente hasta los 10, 12 y 12 años de establecida respectivamente.

La proyección del cálculo del volumen de 10 y 15 a 20 años se calculó considerando los incrementos en diámetros y alturas que presentaron estas especies de acuerdo con la evaluación dasométrica realizada (Apéndice 5.2, 5.3 y 5.4), se observaron valores muy similares a los que describe Patiño *et al.*, (1993) para el caso de la *Gmelina arborea*.

#### **5.4.2.2. Valor del terreno de la plantación**

Para efectos de la contabilidad de costos, un costo fijo, es el valor del terreno en el cual se establecieron las tres plantaciones, sin embargo en estos casos el valor del mismo no se considero para fines de la contabilidad de estos, debido a que el terreno se ubica dentro de una superficie mayor que pertenece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias.

No obstante este concepto deberá de tomarse en cuenta en aquellas plantaciones en las cuales se compra o se destina dicha superficie para fines comerciales, y que se compra expresamente para ello. Debido a que las plantaciones se establecieron en terrenos planos y no presentaron vegetación arbolada ni arbustiva, solamente en el costo de establecimiento se consideró la limpia y preparación del mismo (1 ha), cuyo valor se registra en los Cuadros 5.1, 5.2 y 5.3 de resultados, correspondientes a cada una de las especies consideradas para este trabajo.

#### **5.4.2.3. Construcción de caminos**

Debido a que las plantaciones se establecieron en un Campo Experimental, no fue necesario la construcción de caminos, ya se contaba con estos, solamente se considero la construcción de la brecha cortafuegos, la cual se estimo que se puede realizar con tres jornales a razón de \$ 150.00/día/hombre (Cuadros 5.1, 5.2 y 5.3 de resultados).

Generalmente en los terrenos en donde se establecen plantaciones forestales, se presentan algunas plagas tales como la Hormiga arriera (*Atta spp*) misma que debe ser controlada o eliminada por completo debido a que en las etapas iniciales de una plantación suele ser un enemigo muy difícil de controlar y por lo tanto puede generar grandes pérdidas e incluso terminar con las plantaciones.

#### **5.4.2.4. Protección de plantación**

Es importante que al establecer una plantación forestal, se considere la protección o resguardo de la misma, del ganado vacuno, ovinos u equinos, para esto es muy recomendable cercar el terreno con alambre de púas, sobre todo en las primeras etapas de la misma, a fin de evitar posibles daños por este concepto. En la mayoría de los caso para la construcción de dichas cercas, es necesario la compra de los postes de madera, rollos de alambre, remaches, martillos y equipo especial para realizar los hoyos. Además considerar la mano de obra.

#### **5.4.2.5. Trazo de la plantación**

El trazo de la plantación es de gran importancia ya que en buena parte define el manejo futuro que se le dará a la plantación. Se debe analizar: la orientación que se dará a las hileras de los árboles con el fin de facilitar algunas actividades propias del manejo como pueden ser; los riegos, control de maleza si es que se empleará maquinaria agrícola para ello, entre otros.

Antes de establecer una plantación, comúnmente se realizan actividades de alineamiento y ubicación de cada una de las cepas u hoyos en donde se colocaran los árboles a establecer en estos sitios. Para llevar a cabo esta actividad generalmente se hace con el auxilio de cordeles acotados y se marcan con cal o estacas el sitio en donde se ubicaran las plantas. Para este caso primeramente se hizo el trazo, empleando cordeles acotados y estacados empleando mano de obra para ello, resultando los costos que se indican en los Cuadros 5.1, 5.2 y 5.3 de resultados.

#### **5.4.2.6. Apertura de cepas**

Posterior al trazado de la plantación, la actividad que comúnmente continua es la apertura de las cepas, cuando esta se realiza de esta manera. Actualmente por cuestiones de ahorro de costos, se ha implementado la técnica de producir la planta en viveros con charolas, lo que ha venido generando un gran ahorro en los costos tanto de producción de planta, transporte, así como de la plantación. Sin embargo las plantaciones en cuestión se establecieron bajo el sistema tradicional de apertura de cepas y con planta en envase y cepellón. Las cepas en estas plantaciones se realizaron de 30 x 30 cm diámetro y profundidad respectivamente. Cuyos costos se describen en los Cuadros 5.1, 5.2 y 5.3 de resultados.

#### **5.4.2.7. Valor de la planta**

El valor de las plantas que se establecieron se definió de acuerdo a los precios de mercado actual, aunque los precios por planta es muy variable dependiendo de vivero en donde se produzca y si esta es en charola o en bolsa y cepellón. Debido a que en estas plantaciones se emplearon plantas con cepellón, el costo se calculo en \$ 4.00/planta y como se plantaron 1111 plantas, el costo resultó de \$ 4,444.00/ha (ver Cuadros 5.1, 5.2 y 5.3 de resultados).

#### **5.4.2.8. Transporte de planta**

Un aspecto que generalmente no se considera o se toma en cuenta para efectos del calculo de los costos del establecimiento de las plantaciones forestales, es el transporte de la planta, en algunos casos esto es debido a que la persona que vende, se encarga de transportar la planta y el costo va incluido en el precio de la misma; sin embargo es conveniente diferenciar estos costos, debido a que en muchas ocasiones el transporte es sobre distancias considerables que el costo de combustibles y mano de obra no es posible incluirlo en el precio de la planta. Por lo tanto, el costo considerado para este punto se calculó en \$ 3,000.00 como se muestra en los Cuadros 5.1, 5.2 y 5.3 de resultados.

#### **5.4.2.9. Acarreo y distribución de planta**

Una vez que se tiene la planta en el sitio o cerca de el sitio, en donde realizará la plantación, generalmente la planta es acarreada con carretillas o cajas empleando para ello animales o vehículos; por lo tanto, los costos por este concepto son variables. Para el presente caso se considero un costo de \$ 900.00 para los casos de Jalisco y Colima, lo cual incluye mano de obra para el acarreo de planta con carretillas, y distribución de la planta, como se muestra en los Cuadro 5.1, 5.2 y 5.3 de resultados.

#### **5.4.2.10. Plantación**

La colocación de cada una de las plantas en las cepas efectuadas con anterioridad, es lo que denominamos plantación. Para efectuar la plantación los pasos a seguir son; quitar el plástico de cada planta y colocar el cepellón de tierra con la planta en el la cepa procurando que la raíz de la planta quede al nivel del suelo o ligeramente arriba y se llena de tierra alrededor del cepellón, apisonando para eliminar los huecos de aire y evitar problemas posteriores. Generalmente al personal que se encarga de realizar esta actividad se les dan cursos-talleres a fin de capacitarlos y se garantice que se haga bien este proceso, ya que es de los aspectos más importantes que influyen en el éxito de una plantación.

#### **5.4.2.11. Fertilización**

La formula que se aplico fue la de triple 15 (15-15-15 a dosis de 30 g/planta). Posteriormente se continuo aplicando esta formula durante los dos primeros años, haciendo aplicaciones cada 6 meses o sea dos aplicaciones por año. Se tenia planeado fertilizar cuando menos los cinco primeros años pero esto no fue posible por falta de financiamiento.

#### **5.4.2.12. Reposición de fallas**

Comúnmente en un plantación después del primer mes de haberse establecido, se deben de hacer recorridos a fin de ver posibles fallas y contabilizarlas con el propósito de hacer la replantación correspondiente.

Para fines estimativos se considera una replantación de un 10 %, aunque en ocasiones este porcentaje suele ser menor o bien podría resultar superior al valor calculo del 10 %, en cualquier caso se recomienda reponer la planta en la etapa que aun se tengan presencia de lluvias y aprovechar la humedad de estas para garantizar que la planta se pueda establecer adecuadamente y sin contratiempos. Los costos por este concepto se describe en los Cuadros 5.1, 5.2 y 5.3 de los resultados.

#### **5.4.2.13. Control de maleza**

En las plantaciones de este trabajo, los deshierbes fueron aplicados de manera alternada, en ocasiones fue, empleando chapeadora mecánica accionada por tractor agrícola, limpieza manual y empleando herbicidas. Para fin de calcular costos se determinó un promedio del empleo de los tres métodos.

#### **5.4.2.14. Control de plagas y enfermedades**

Para las plantaciones del estudio solamente al inicio se llevaron a cabo aplicaciones de ciertos insecticidas, pero no tanto para la hormiga, sino para el control del barrenador de las especies de las *Meliáceas* (Cedro y Caoba), debido a que las plantaciones de las especies en cuestión se encuentra mezclada entre varias especies dentro de las cuales se tienen las especies antes mencionadas. Por lo que para efecto de este calculo de costos no se consideró como propiamente de las especies mencionadas, pero si para las plantaciones en donde se ubican estas.

#### **5.4.2.15. Riego de la plantación**

De acuerdo con Benavidez (2007), Corona (2005) y Forte (2005), en plantaciones de este estudio se realizaron dos riegos de auxilio en las etapas más críticas durante los primeros cinco años de establecidas. Los riegos se aplicaron por inundación completa, con una lamina de riego de 3". Para hacer el bordeo se empleo el tractor agrícola y para la distribución del agua fue necesario 2 jornales en cada uno de ellos. El costo del agua no se contabiliza en este caso, debido a que contaba con ella para ser aplicada en cultivos agrícolas y las maniobras se realizaban de manera conjunta.

#### **5.4.2.16. Reparación de alambrado**

En las plantaciones se consideró que solamente se requirió el empleo de dos jornales para su mantenimiento y eventualmente la colocación de algunos postes.

#### **5.4.2.17. Podas**

La poda se realizó recientemente, con el propósito de evaluar su efecto y determinar, si en plantaciones de esta edad, aun se pueden esperar efectos positivos en crecimiento y desarrollo de los árboles, una vez que se llevó a cabo el aclareo. El mismo criterio se aplicó para las otras dos especies forestales.

Para efecto de llevar a cabo las podas en estas plantaciones, fue necesario emplear motosierras, escaleras de tijera, brochas y liquido sellador (Pintura vinílica blanca). El total de días necesario para realizar las podas por hectárea se fue de 6 días hábiles.

#### 5.4.2.18. Aclareos

El método de aclareo fue selectivo de árboles que, aunque presentaban buena conformación y desarrollo, estos se marcaron y se derribaron procurando evitar la competencia por luz; es decir se tomó como referencia las copas de los árboles para derribar aquellos que podrían ser los que generaban competencia a otros de la misma especie o de otras especies y que además estaban oprimiendo el desarrollo de otros árboles. Se derribaron tanto, árboles grandes bien conformados, así como árboles medianos y pequeños tratando de evitar la competencia entre ellos, además de proporcionar mayor espaciamiento entre los individuos de cada una de las especies.

El cálculo de estudio estimó costos y beneficios de los aclareos, para las tres plantaciones con 1111 árboles por hectárea, un turno de aprovechamiento de 20 años con 3 aclareos (5, 10 y 15 año), con una mortandad inicial del 10 %. Lo que significó 1000 árboles. Los crecimientos en altura y diámetro promediados reales que se obtuvieron de acuerdo a la evaluación que se efectuó en el año 2004, y cuyos valores se describen en los Apéndices 5.1., 5.2. y 5.3.

#### Caso Jalisco

Para *Gmelina arborea*, el primer aclareo se llevó a cabo a los 13 años (2007), considerándose que la plantación cuenta con 1000 árboles (90 % sobrevivencia), se derribó el 40 %. El próximo aclareo se programó llevarlo a cabo al año 17 o sea para el año 2011 calculando que para ese año la plantación presente una altura de fuste limpio de 9.5 m y un diámetro de 46 cm en promedio por árbol, lo que arrojará un volumen aproximado de 0.614 m<sup>3</sup>/árbol que multiplicado por 300 árboles (50 % de intensidad de corta) resulta un volumen de 184 m<sup>3</sup>r para el segundo y último aclareo. Por último, el aprovechamiento del arbolado remanente se deberá realizar para el año 2014 cuyo valores calculados en altura de fuste limpio será de 9.7 m y diámetros de hasta 50 cm, calculándose un volumen aproximado de 0.730 m<sup>3</sup>r/árbol, que multiplicados por 300 árboles resulta un volumen de 219 m<sup>3</sup>r.

#### Caso Nayarit

Al igual que en caso anterior, el primer aclareo debió haberse realizado en el quinto año y el segundo aclareo en el décimo año, sin embargo estos no se llevaron a cabo. El primero y último aclareo se realizó en el año 2007, o sea a los 15 años de edad de la plantación, con una densidad de 900 árboles (81 % de sobrevivencia). Se aplicó una intensidad de corta del el 50 % o sea 450 árboles, los cuales reportaron valores de diámetro promedio de 18 cm, 7.9 m de altura y un volumen de 0.092 m<sup>3</sup>r/árbol que multiplicado por 450 árboles resulta un volumen de 41.4 m<sup>3</sup>r. El aprovechamiento del arbolado remanente de esta plantación deberá realizarse en el año de 2012, 5 años después de la fecha del aclareo del 2007.



Los valores estimados para esta plantación de acuerdo a los incrementos tanto en diámetro y altura de *Tabebuia rosea* es de 26 cm de diámetro y 12 m de altura, resultando un volumen de  $0.261\text{m}^3/\text{árbol}$ , que multiplicado por 450 árboles remanentes arroja un valor de  $117.45\text{ m}^3$ .

### **Caso Colima**

En esta plantación de *Roseodendron donnell smithii* el primero y último aclareo, se llevó a cabo en el año 2007, o sea a los 15 años de edad, con una densidad inicial de 1111 árboles y considerando un 10 % de mortalidad la plantación cuenta con 1000 árboles (90 % de sobrevivencia). Se aplicó una intensidad de corta del 50 % o sea 500 árboles, con los valores de diámetro promedio de 20.5 cm y 12.1 m de altura. De acuerdo a la tabla de volumen que se elaboró para esta plantación, se estimó un volumen de  $0.182\text{ m}^3/\text{árbol}$  que multiplicado por 500 árboles resultan  $91.4\text{ m}^3$ .

El aprovechamiento del arbolado remanente en esta plantación deberá realizarse en el año de 2012 o sea 5 años posteriores al 2007. Los valores estimados para esta plantación de acuerdo a los incrementos, tanto en diámetro y altura fue de 29 cm de diámetro y 17 m de altura, resultando un volumen de  $0.542\text{ m}^3/\text{árbol}$ , que multiplicado por 500 árboles remanentes arroja un valor de  $271\text{m}^3$ .

Para realizar los aclareos generalmente es necesario el empleo de mano de obra y equipo especializado como son; motosierras, para el derribo y troceo de árboles, grúas para el arrastre y carga de trozas; camiones para el transporte de las trozas al sitio donde se llevará a cabo el proceso industrial de las mismas. Para este caso específico, no fue necesario el empleo de toda esta maquinaria y equipo así como el empleo de la mano de obra necesaria, ya que la madera se vendió en pie, con un valor de \$ 1000.00/ $\text{m}^3$  en las tres plantaciones forestales (Jalisco, Nayarit y Colima).

## **5.5. RESULTADOS Y DISCUSION**

En los Cuadros 5.1, 5.2 y 5.3 de resultados, se describen cada una de las actividades que se efectuaron a fin de establecer y manejar las plantaciones forestales a que se hace referencia en este trabajo. Así mismo también se enlistan los costos que se generaron en cada una de las actividades.

### **5.5.1. El costo de la limpia y preparación de terreno**

Para Jalisco el costo de limpia y preparación del terreno, fue de \$ 4,150.00 a precio actual; repartido en 15 jornales a razón de \$ 150.00/día/hombre y \$ 1900.00 que comprenden \$ 700.00 de subsoleo, \$ 700.00 arado del suelo y \$ 500.00 por el rastreo con tractor Agrícola.

Para Nayarit, el costo fue de \$ 3,400.00 a precios actualizados, el cual comprende 15 jornales a razón de \$ 120.00/día/hombre y \$ 1,600.00 que incluye \$ 600.00 de subsoleo, \$ 600.00 de arado del suelo y \$ 400.00 para el rastreo del suelo, todo esto con tractor agrícola.

Para Tecoman, Colima. El costo es muy similar al de Jalisco, debido a que el costo por jornal es de \$ 150.00. Por lo tanto el costo por este concepto es de \$ 4,150.00 a precio actual, el cual comprende 15 jornales a razón de \$ 150.00/día/hombre y \$ 1900.00 que comprenden \$ 700.00 de subsoleo, \$ 700.00 arado del suelo y \$ 500.00 por el rastreo con tractor Agrícola.

### **5.5.2. El costo para la construcción de brecha corta fuego**

En Jalisco el costo fue de \$ 450.00 el cual consistió realizar esta actividad empleando para ello 3 jornales a razón de \$ 150.00/día/hombre. Este valor podría variar de manera significativa, si la plantación se establece en sitios en los que presentan cierto tipo de vegetación que sea necesario emplear más tiempo y mano de obra, para realizar esta actividad.

Los costos en Nayarit fueron de \$ 360.00 que consistió principalmente por el costo de 3 jornales a razón de \$ 120.00/día/hombre.

En Colima resultó de \$ 450.00 el cual consiste en 3 jornales a razón de \$ 150.00/día/hombre.

### **5.5.3. El costo para el control de plagas**

En Jalisco, el costo para el control de algunas plagas importantes como es la Hormiga arriera (*Atta sp*), se calculó en \$ 750.00 cuyo costo incluye 3 salarios de \$ 150.00/hombre/día/ha de manera inicial. Sin embargo en ocasiones este costo suele ser mayor dependiendo de la cantidad y resistencia que opongan este tipo de insectos considerados plaga, sobre todo para algunas de las especies forestales que se emplean en el establecimiento de las plantaciones forestales.

Para Nayarit se reportó un costo con un valor de \$ 6,600.00, el cual comprende 3 jornales a razón de \$ 120.00/día/hombre, cuyo valor es de \$ 360.00. Los \$ 300.00 restantes se refieren al costo del los insecticidas. Sin considerar el costo del equipo que se emplea para ello, esto debido que en los tres caso, ya se contaba con el.

Para el caso de Colima el costo es similar al que corresponde para el estado de Jalisco, debido a que, el costo de la mano de obra es de \$ 150.00/día por jornal.

### **5.5.4. El costo del cercado de la plantación**

En Jalisco se calculó en \$ 12,000.00 aproximadamente, ya que esta protección suele ser muy variable dependiendo del material que se utilice.

Para el presente trabajo el costo comprendió básicamente el valor de 130 postes a razón de \$ 50.00 c/u, resultando un total de \$ 6,500.00, 4 rollos de 300 metros c/u cuyo valor fue de \$ 600 c/u. Sumando un total de \$ 2,400.00, la mano de obra que resultó de 15 jornales en total, con valor de \$ 150.00/jornal resultando \$ 2,250.00 por este concepto y \$ 750.00 que corresponde al valor de las grapas que se emplean para colocar los alambres en los postes de la cerca.

Para el caso de Nayarit fue de \$ 9,850.00, el cual comprende \$ 5,200.00 del costo de 130 postes para la cerca, con un precio aproximado de \$ 40.00/poste. Así como también \$ 2,200.00 por el costo de 4 rollos de alambre a razón de \$ 550.00/rollo. Se incluye \$ 1,800.00 de 15 jornales a razón de \$ 120.00/día/hombre. Por último \$ 650.00 de las grapas para clavar el alambre en los postes.

En Colima el costo resultó ser de \$ 20,500.00, esto debido a que cercó con malla borreguera (600 metros) con un costo de \$ 10,000.00. Además \$ 8,000.00 por concepto de postes metálicos y \$ 2,500.00 por la instalación.

#### **5.5.5. El costo de trazo de plantación**

Para Jalisco y Colima el trazo de la plantación se estimó con un valor de de \$ 900.00, consistiendo básicamente en 6 jornales de \$ 150.00/día/hombre/ha. Para Nayarit el costo por este concepto resultó ser de \$ 720.00, consistiendo básicamente en 6 jornales a razón de \$ 120.00/día/hombre.

#### **5.5.6. El costo de apertura de capas**

El costo por este concepto; para Jalisco y Colima se calculó en \$ 3,333.00, considerando que se requirieron 22.22 jornales a razón de \$ 150.00/día/hombre/ha. Estos valores se obtuvieron de acuerdo al rendimiento que un individuo puede lograr en la aperturas de capas por día, en un turno de 8 horas y que resultó de 50 capas/día/hombre.

Para el caso de Nayarit se consideran los mismos rendimientos por día/hombre y el número de Jornales, sin embargo el costo resultó de \$ 2,640.00 debido que el jornal es de \$ 120.00/día/hombre.

#### **5.5.7. El costo de la planta**

El costo de la planta con bolsa y cepellón a precios actuales es muy variable, se cotizaron varios precios y se estableció un precio promedio por planta de \$ 4.00, que multiplicados por las 1111 plantas que se consideró para la plantación de 1 ha. resultó un costo total de \$ 4,444.00. para los tres casos (Jalisco, Nayarit y Colima).

### **5.5.8. Costo del acarreo y distribución de la planta**

El costo por este concepto en las plantaciones de Jalisco y Colima fue de \$ 900.00, el cual comprende básicamente 6 jornales a razón de \$ 150.00/jornal distribuidos de la siguiente manera; 3 para el acarreo de planta y los 3 restantes para la distribución de la planta dentro del terreno en donde se estableció la plantación. Para Nayarit el costo por este concepto resultó de \$ 720.00, el cual comprendió 6 jornales a razón de \$ 150.00/jornal distribuidos de manera similar que en los anteriores caso.

### **5.5.9. El costo de plantación**

Para Jalisco y Colima se calculó en \$ 3,000.00 el costo de plantación o colocación de la planta en las cepas, lo cual comprende básicamente 20 jornales a razón de \$150.00/jornal. Este valor se calculo considerando que se emplea un jornal/hombre para plantar las 1111 plantas en una hectárea. En Nayarit el costo resulto ser de \$ 2,400.00 el cual comprende 20 jornales a razón de \$ 120.00/jornal para plantar las 1111 planas en una hectárea.

### **5.5.10. El costo de fertilización**

Para Jalisco y Colima el costo de la fertilización inicial o de arranque consistió en aplicar 30 grs./planta. El costo fue de \$ 801.00, el cual comprende \$ 467.00 por la fertilización inicial para lo cual se empleó 2 jornales de \$ 150.00. Sumando \$ 300.00 y \$ 167.00 por concepto del valor del fertilizante (triple 15), el cual resulta de la compra de un bulto de contiene 50 kgs. con un valor de \$ 250.00. Además \$ 334.00 por la fertilización correspondiente al primer año, que se aplicó en dos periodos de 6 meses aproximadamente. El costo de la fertilización correspondiente a segundo año fue de \$ 334.00, el cual se aplico en dos períodos de 6 meses cada uno.

Para Nayarit el costo de la fertilización inicial consistió en aplicar 30 grs./planta cuyo costo fue de \$ 741.00, el costo comprende \$ 407.00 por concepto de 2 jornales, a razón de \$ 120.00/día/hombre, sumando \$ 240.00 y \$ 167.00, además \$ 334.00 por la fertilización para el primer año, aplicado en dos periodos de 6 meses. El costo del segundo año para esta plantación fue de \$ 334.00, aplicado en dos periodos de 6 meses cada uno.

### **5.5.11. El costo de transporte de planta**

Por este concepto se pagó \$ 3,000.00, el cual comprende básicamente el precio del flete a una distancia de 200 kilómetros, carga y descarga de la planta, actividades que usualmente están incluidas dentro del costo de dicho flete.

El costo por rubro, se la aplicó a cada una de las tres plantaciones (Jalisco, Nayarit y Colima). Aunque es importante señalar, que este costo puede ser muy variable dependiendo de una serie de factores que se deberán de incluir dependiendo del sitio en donde se establecerá la plantación.

### **5.5.12. El costo de la replantación**

Para Jalisco y Colima se reportaron 10 % de fallas por diferentes causas. Por lo que, el costo de la replantación o reposición de fallas, resultó de \$ 744.40 cuyo costo comprende la compra de 111 plantas a razón de \$4.00 cada planta resultando un costo de \$ 444.40 por este concepto y \$300.00 que incluye 2 jornales de \$ 150.00 cada uno. En Nayarit este concepto resulto de \$ 684.00 debido principalmente por el costo de la mano de obra (\$ 120.00/día/hombre), pero incluyendo todos los demás factores que se describieron en los costos para Jalisco y Colima.

### **5.5.13. El costo del control de maleza**

Para los casos de Jalisco y Colima el costo de control de maleza, se realizó de tres maneras diferentes: la primera forma fue aplicando herbicida, usando para esto 2 jornales, suma un total de \$ 450.00 de los cuales \$ 150.00 corresponden a herbicida y \$ 300.00 a la mano de obra. Cuando el control de la maleza se hace de manera manual empleando machetes, los costos son mayores sumando un total de \$ 750.00 los cuales consisten en 5 jornales a razón de \$ 150.00/jornal.

Cuando se emplea el tractor agrícola con campana chapeadora resulta un costo de \$ 500.00 aproximadamente cuyo valor consiste en \$ 250.00 para el operador y \$ 250.00 para combustible y aceite. Para efecto del presente trabajo se calculo un valor promedio de las tres formas de realizar el control de la maleza a fin de poder definir el costo por hectárea por este concepto, resultando un valor de \$ 566.66 considerando que comúnmente se llevan a cabo 2 limpieas por año resultó una cantidad de \$ 1133.33/ año.

Para Nayarit se estimó un costo de \$ 390.00 por el control de maleza, empleando herbicida de los cuales \$150.00 corresponden al herbicida y \$ 240.00 a la mano de obra.

El control manual de maleza arrojó un costo de \$ 600.00/ha, el cual consiste en 5 jornales a razón de \$ 120.00/día/hombre. Cuando se emplea el tractor con chapeadora se calculó un costo de \$ 400.00 que cosiste en \$ 200.00 para el operador y \$ 200.00 para el costo de combustible. Del promedio de los tres resultó un costo de \$ 463.33, que multiplicado por dos limpieas por año resulta un valor de \$ 926.66/año.

### **5.5.14. El costo de plagas y enfermedades**

El costo para el control de plagas y enfermedades para las plantaciones de Jalisco y Clima no fue muy significativo, ya que la especies no presentaron problemas fitosanitarios desde el inicio hasta la fecha. Sin embargo debido a que se realizaron ciertas aplicaciones de insecticidas sobre todo para el control de gusano barrenador (*Hypsiphylia grandella*) que ataca comúnmente a las especies de la familia de las *Meliáceas* (Cedro rojo y Caoba).

Se consideró conveniente reportar un costo simbólico debido que esporádicamente, si se hicieron algunas aplicaciones de insecticidas en las plantaciones. Para este efecto se considero un costo de \$ 450.00 durante los tres primeros años consistiendo en 2 jornales de \$ 150.00 cada uno sumando un total de \$ 300.00 y \$ 150.00 del costo del insecticida.

Para Nayarit el costo por este concepto fue de \$ 390.00 el cual incluye 2 jornales de \$ 120.00 cada uno y \$ 150.00 del costo del insecticida. En ambos caso no se incluyen el equipo que se emplearon para esto, debido a que ya se tiene en existencia para la aplicación de insecticidas de otros cultivos.

#### **5.5.15. El costo de riegos**

En las plantaciones de Jalisco y Colima, se calculó un costo de \$ 700.00/año por riegos, el cual consistió en \$ 400.00 para la realización de sistema de bordeo con el auxilio del tractor agrícola y \$ 300.00 para la mano de obra o sea dos jornales de \$ 150.00 de cada uno.

Es importante señalar que en estas plantaciones solamente se aplicaron riegos durante los cinco primeros años. Las plantaciones de Nayarit los riegos se realizaron de igual manera que las dos plantaciones anteriores, aunque el costo es menor debido, a que la mano de obra es más barata, ya que los jornales se pagaron a \$ 120.00/día. Por lo tanto, el costo para esta plantación fue de \$ 640.00, el cual incluye \$ 400.00 para el sistema de bordeo y 2 jornales a razón de \$ 120.00/día.

#### **5.5.16. El costo de mantenimiento o reparación de alambrado,**

Para las plantaciones de Jalisco y Colima se calculó un costo de \$ 300.00 por el mantenimiento o reparación del alambrado, el cual consistió concretamente en el empleo de 2 jornal/ año. Por lo tanto, cada 6 meses se ha dado mantenimiento a la cerca, empleado para ello 1 jornal, por lo tanto, 2 jornales/año. Para Nayarit se empleó mismo criterio, se calculó un costo de \$ 240.00, Que comprendió 1 jornal cada seis meses.

#### **5.5.17. El costo de la poda del arbolado**

Los costos por concepto de podas en las plantaciones de Jalisco y Colima consistieron fundamentalmente en el empleo de una motosierra, cuyo costo fue de \$ 300.00/ día, ocupándose para ello 6 días de mano obra con un costo total de \$ 2,900.00. Dicho costo comprendió \$ 1,800.00 por motosierra y \$ 900.00 mano obra, a razón de \$ 150.00/día/hombre, \$ 200.00 brochas y liquido sellador. Escalera no se considero dentro del costo ya que tenía en existencia.

Para Nayarit, el costo de las podas por hectárea fue de \$ 2,720.00; consistió en 6 jornales de \$ 120.00/jornal/día, el costo fue de \$ 720.00, \$ 1,800.00 para el costo de la motosierra a razón de \$ 300.00/día y \$ 200.00 por concepto de brochas y pintura vinílica como sellador.

### 5.5.18. Beneficios por concepto de aclareos

Plantaciones de Jalisco. En el cuadro 5.4 se describen los beneficios por efecto de los aclareos: el primer aclareo se aplicó en 2007 con una intensidad de del 40 %; a los 13 años de establecida la plantación, de esta actividad se obtuvo el beneficio de \$ 80,000.00. Las dimensiones promedio del arbolado fueron de 8 m. de altura de fuste limpio y 30 cm de diámetro, resultando un volumen de 0.200 m<sup>3</sup>/árbol que multiplicado por los 400 árboles derribados, suma un total de 80 m<sup>3</sup>r.

Este volumen se vendió a un precio de \$ 1,000.00/m<sup>3</sup>r. lo que multiplicado por el volumen antes mencionado, resultó un total de \$ 80,000.00. El siguiente aclareo se programó llevarlo a cabo al año 17 o sea para el año 2011, se estima que para ese año la plantación presente una altura de fuste limpio de 12 m y un diámetro de 37 cm en promedio por árbol, lo que arrojará un volumen aproximado de 0.498 m<sup>3</sup>/árbol que multiplicado por 300 árboles (50 % de intensidad de corta) resulta un volumen de 149.4 m<sup>3</sup>r para el segundo aclareo, que multiplicado por precio actual de \$ 1000.00/m<sup>3</sup>r en pie suma un total de \$ 149,400.00.

Por ultimo, el aprovechamiento del arbolado remanente se deberá realizar para el año 2014 cuyo valores calculados en altura de fuste limpio será de 15 m y diámetros de hasta 42 cm, se espera un volumen aproximado de 0.829 m<sup>3</sup>/árbol, que multiplicados por 300 árboles resulta un volumen de 248.7 m<sup>3</sup>r. que multiplicado por el precio actual de \$ 1000.00/m<sup>3</sup>r, arroja un valor de \$248,700. Sumando un gran total de \$ 478,100.00 por concepto del beneficios obtenidos en esta plantación

Plantación de Nayarit . Los beneficios por aclareos se describen en el Cuadro 5.5, el primero y último aclareo realizado el año 2007, el cual corresponde al año 15 de establecida la plantación.

De este aclareo se logró un beneficio de \$ 35,200.00, aplicando un 50 % de intensidad. Las dimensiones promedio del arbolado fueron de 8 m de altura y 18 cm. de diámetro, arrojando un volumen de 0.088 m<sup>3</sup>/árbol que multiplicado por los 400 árboles derribados, suma un total de 35.2 m<sup>3</sup>r. Este volumen se vendió a un precio de \$ 1,000.00/m<sup>3</sup>r.

El aprovechamiento del arbolado remanente se deberá realizar para el año 2012, se estima que para esta face la altura del fuste será de 12 m y el diámetro hasta de 26 cm, con un volumen aproximado de 0.244 m<sup>3</sup>/árbol; este valor multiplicado por 400 árboles remanentes arroja un volumen de 97.6 m<sup>3</sup>r. El precio actual es de \$ 1000.00/m<sup>3</sup>r, lo que representa un valor de \$97,600.00; sumando un gran total de \$ 132,800.00 por beneficios obtenidos en esta plantación.

Plantaciones de Colima. En el cuadro 5.6 se describen los beneficios por efecto de los aclareos y aprovechamiento final del primero y ultimo aclareo realizado el año 2007 correspondieron al año 15 de establecida la plantación.

De esta actividad se generó un beneficio de \$ 91,000.00, aplicando un 50 % de intensidad. Las dimensiones promedio del arbolado fueron de 12.1 m de altura y 20.5 cm. de diámetro, resultando un volumen de 0.182 m<sup>3</sup>/árbol que multiplicado por los 500 árboles derribados, suma un total de 91m<sup>3</sup>r. Este volumen se vendió a un precio de \$ 1,000.00/m<sup>3</sup>r.

El aprovechamiento del arbolado remanente se deberá realizar para el año 2012, para entonces se estima un altura de fuste de 17 m y diámetros de hasta 29 cm, con un volumen aproximado de 0.542 m<sup>3</sup>r/árbol. Esta cantidad multiplicada por 500 árboles remanentes arrojará un volumen de 271 m<sup>3</sup>r. y esta volumen multiplicado por el precio actual de \$ 1000.00/m<sup>3</sup>r, dará como resultado \$271,000.00. Sumando un gran total de \$ 362,000.00 por concepto del beneficios obtenidos en esta plantación.

Conviene aclarar que no se describen costos o gastos en los aclareos, debido a que se consideró conveniente vender la madera en pie, ya que no se contó con equipo y maquinaria especial para su aprovechamiento e industrialización, con el fin de poder hacer aun más rentable este tipo de actividad, pudiendo aserrar la madera y darle un valor agregado, esto para los tres casos.

#### **5.5.19. Calculo de la relación beneficio/ costo**

Un indicador de rentabilidad sencillo y fácil de realizar, es la relación beneficio costo, el cual consiste en dividir los beneficios totales obtenidos en el proyecto entre los costos generados durante el tiempo que duro la plantación forestal. En el Cuadro 5.7 se describen los costos de establecimiento, los cuales presentan un marcada diferencia entre ellos, lo anterior se debió principalmente por dos aspectos importantes.

El costo de establecimiento en la plantación de Tecoman, Colima se incrementó notablemente, debido a que la cerca de protección de dicha plantación, se realizó con Malla Borreguera y postes metálicos, la cual es mucho más onerosa que las cercas de alambres de púas y postes de madera que se usan generalmente en estos casos, debido que en dicha plantación se tiene contemplado introducir ganado ovino a fin de diversificar los beneficios que se pueden generar en una plantación forestal.

La otra diferencia entre los costos de establecimiento de las plantaciones La Huerta, Jalisco y Santiago Ixcuintla, Nayarit, fueron principalmente los costos que se refieren a los Jornales; ya que en Jalisco el costo de un Jornal es del orden \$ 150.00/día/hombre, mientras que el estado de Nayarit el costo de un Jornal es del orden de \$ 120.00/día/hombre. Incluso algunos otros materiales resultaron más económicos en Nayarit, en comparación con Jalisco y Colima. Los costos del manejo, son muy similares entre Jalisco y Colima, sin embargo para Nayarit es un poco menor debido a lo anteriormente expuesto.



Por último, un aspecto de gran relevancia, que sin duda alguna es el indicador de la rentabilidad de las plantaciones forestales, resultó que la especie introducida *Gmelina arborea* establecida en la Huerta, Jalisco es una especie de las más promisorias y rentables para el establecimiento de plantaciones forestales con un indicador de 6.11, lo que significa que por cada peso invertido en plantaciones forestales con esta especie, el proyecto genera \$ 6.11 lo cual resulta atractivo para efectos de inversión en este tipo de proyectos.

Los indicadores de rentabilidad de las especies nativas *Roseodendron donnell smithii* es de (\$ 4.13) y *Tabebuia rosea* de (\$ 2.00), aunque son menores que la especie anterior, esto no significa que no sean especies promisorias para el establecimiento de plantaciones forestales, por el contrario, también son especies que por el valor de su indicador son especies promisorias y muy sobresalientes cada una para el estado correspondiente (Colima y Nayarit respectivamente).

## 5.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En los resultados obtenidos, según los objetivos planteados en este trabajo, se logró definir y generar la información necesaria sobre los costos y beneficios; para Jalisco, Nayarit y Colima del establecimiento, manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales, de *Gmelina arborea*. (\$ 78,251.00 y \$478,100.00), *Tabebuia rosea* (\$ 66,407.00 y \$132,800.00) y *Roseodendron donnell Smithii* (\$ 87,683.00 y \$ 362,000.00) respectivamente.

De acuerdo con los valores de la relación beneficio-costo se considera que las tres plantaciones forestales son rentables. Sin embargo la especie que sobresalió fue *Gmelina arborea* ubicada en Jalisco con un valor de \$ 6.11. Siguiéndole por orden de importancia las especies *Roseodendron donnell Smithii* establecida en el estado de Colima, con un valor de \$ 4.13. y en Nayarit *Tabebuia rosea* que reportó un valor de \$ 2.00. Esto desde luego es muy atractivo para los productores y profesionales que se interesen en el negocio de las plantaciones forestales con estas especies.

La rentabilidad en estas plantaciones podría haber sido aun mejor, si se hubiese dado un eficiente y adecuado manejo, lo cual se evidencia por la falta de las podas y aclareos que dejaron de hacerse a su debido tiempo. Los rendimientos en volumen maderable resultaron ser inferiores a los que se reportan de plantaciones debidamente cultivadas y manejadas.

La mayor inversión que se hace en una plantación forestal, es en el primer año de establecimiento, ya que comprende el establecimiento y manejo e incluso a este valor se le aplica un 10 % de los costos a fin de considerar algunos gastos imprevistos. Para *Gmelina arborea* 52.09 % (40,761.00), *Roseodendron donnell Smithii* 57.15 % (\$ 50,111.00) y *Tabebuia rosea* resultó con 52.70 % (\$ 34,997.00)

Es importante resaltar, que algunos de los costos que se deben considerar en la mayoría de las plantaciones, como es el caso de los desmontes o eliminación de vegetación arborea o arbustiva, construcción de caminos, gastos de administración y pago por servicios técnicos, no se realizaron, porque no fue necesario para establecer y manejar estas plantaciones, ya que son campos de investigación. Dichas actividades son muy onerosas pero que, para las presentes no fue necesario.

Para futuras plantaciones es importante que se considere la inversión para la compra de maquinaria y equipo para el aprovechamiento e industrialización de la madera, que se pueda obtener desde los primeros aclareos hasta el aprovechamiento total de las plantaciones. Esto pueden generar utilidades y hacer aun más rentables a las plantaciones forestales; además se crean fuentes de trabajo de manera permanente y una gran derrama económica en las regiones en donde se establezcan plantaciones forestales.

## 5.7. LITERATURA CONSULTADA

1. Benavidez U., G. (2007). Crecimiento en altura y diámetro de seis especies tropicales en una plantación experimental, La Huerta, Jalisco. Tesis de Licenciatura. Centro Universitario de La Costa Sur. División de Desarrollo Regional. Universidad de Guadalajara. Autlán de Navarro, Jalisco. 61 p.
2. Cabrera, P.J. 1991. Evaluación económica. In: Prado, D.J.A. y Barros, A.S. Editores. *Eucalyptus*. Principios de silvicultura y Manejo. Instituto Forestal/ Corporación de Fom. De la Prod., Santiago. 199 p.
3. Cortés, H. y Contreras, M. 1974. determinación del Valor de la madera en pie. Boletín Técnico No. 40. U. de Chile. Santiago.
4. Corona, M. J. 2005. Comparación del crecimiento de cuatro especies forestales tropicales en una plantación experimental en El Verdineño, Santiago Ixcuintla, Nayarit. Memorias VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales. UACH. Pp. 478-479.
5. Criviera, 2007. (<http://www.criviera.com/popup.htm> 1º de Septiembre 2007).
6. Cruz F, M. y de la Garza Núñez, J.A. 2003. La Melina. Establecimiento y aprovechamiento en la Huasteca Potosina. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental. Huichihuayan. Folleto para productores Número 5. San Luis Potosí, México. 14 p.
7. Cruz F, M. 2003. La Caoba, una alternativa para áreas deforestadas de la Huasteca Potosina. Campo Experimental. Huichihuayan. INIFAP-CIRNE. Folleto para productores Número 4. San Luis Potosí, México. 15 p.
8. Cruz F, M. 2003. EL Cedro, establecimiento y manejo en la Huasteca Potosina. Campo Experimental. Huichihuayan. INIFAP-CIRNE. Folleto para productores Número 7. San Luis Potosí, México. 16 p.
9. De la Cruz. E. y Barrosa, C. 1993. Crecimiento de eucalipto, teca y melina en plantaciones en la sabana de Huimanguillo, Tabasco. Informe técnico. Campo Experimental Huimanguillo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
10. De la Cruz, P. E. y Barrosa, C. J.T. 1993. Producción de planta y establecimiento de plantaciones de Melina en el estado de Tabasco. Campo Experimental Huimanguillo. INIFAP-CIRGC. Folleto técnico número 18. División Forestal. 23 p.

11. Flores O.; Hernández H.; kanninen M.; Coronen E.; Noguéz A. y Ruokonen M. 1995. Criterios y elementos para la planeación de plantaciones forestales. Manuales y guías No. 9. Subproyecto III: Plantaciones Forestales. Convenio México-Finlandia en la materia forestal. Subsecretaría de Recursos Naturales. Helsinki, Finlandia. 92 p.
12. FAO. 1994. Requerimientos ambientales de algunas especies forestales.
13. Forte, C. R. 2005. Evaluación dasométrica de cuatro especies tropicales en una plantación experimental en Tecoman, Colima, México. Tesis de licenciatura. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, división de Ciencias Agronómicas. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco. 68 p.
14. García M., J. J. y Muñoz F., H. J. 1993. Guía técnica para el establecimiento y manejo de plantaciones forestales en la cuenca del Lago de Patzcuaro, Michoacán. Guía Técnica Num. 9. Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. 22 p.
15. Geilfus, F. 1989. El árbol al servicio del agricultor; manual de agroforestería para el desarrollo rural. Vol 2: Guía de especies. Santo Domingo. Enda-Caribe y CATIE. P 377.
16. Jiménez, C. J. M. 1989. Evaluación dasométrica de doce procedencias de *Gmelina arborea* Roxb. En Escárcega, Campeche. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. 71. p.
17. Lamb A., F.A. 1968. Especies maderables de crecimiento rápido en la tierra baja tropical *Gmelina arborea*. Traducción. Instituto Forestal Latinoamericano de investigación y Capacitación. Boletín No. 33. Mérida, Venezuela. pp 21.51.
18. Limón L., A. 1989. La Melina una alternativa para producir madera en Tabasco. Folleto Técnico No. 5. CEFAP. Huimanguillo. INIFAP. SARH. Huimanguillo, Tab. México.
19. Martínez D., M. 1997. Guía silvicultural de *Tabebuia rosea* (Bertol) (Rosa Morada): especie de árbol de uso múltiple en México. In: Musálem, M. A. Ed. Guía silvicultural de especies de árboles de uso múltiple de México. Programa de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Notas para el curso de Maestría. Primavera de 1997. Chapingo, Mex. 250 p.
20. Martínez, M. 1979. Catalogo de Nombres vulgares y científicos de plantas Mexicanas. Fondo de la cultura económica. México, D.F.

21. México. 1995. Principales características de algunas especies forestales susceptibles de aprovechamiento comercial en el estado de Jalisco. Programa de desarrollo forestal integral del estado de Jalisco. SEDER. 32 p.
22. Miranda, F. y Hernández, E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación, Boletín. Soc. Bot. Mex. 28: 29-179.
23. Musálem S., M.A. 1991. Primavera (*Roseodendron donnell-smithii* (Rose) Miranda), árbol de importancia comercial en México y América Central. Informe de Consultoría al Fondo de Garantía y Fomento para la Agricultura, Ganadería y Avicultura y Fideicomisos Agrícolas del Banco de México. 47 p.
24. Murillo, G. O., Badilla, V. Y. y Gallegos, R. A. 2003. Guía para la evaluación de la calidad del establecimiento de plantaciones forestales. Instituto Tecnológico de Costa Rica y Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco. México. 37 p.
25. Niembro R., A. 1986. Árboles y arbustos útiles de México. Limusa. México. 206 p.
26. Patiño V., F.; Rodríguez y P., A.; Marín CH, J. y Díaz M., E. 1993. Melina *Gmelina arborea* Roxb. Producción de planta, establecimiento y manejo de plantaciones. Libro Técnico. Centro de Investigación Regional del Sureste. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Mérida, Yucatán. México. 167 p.
27. Patiño V., F.; Juárez G., V. M. y Cedeño S., O. 1982. *Gmelina arborea* Roxb, una especie promisorio en el trópico mexicano. Boletín Técnico No. 3. CIFTROH. INIF. Campeche. México. 43 p.
28. Pennington, T. D. y J. Sarukhan. 1968. Manual para la identificación de campo de los principales árboles de México. SAG. INIF. FAO. México. 413 p.
29. Rodríguez y P.A. 1993. Parcela de validación de *Gmelina arborea* Roxb., Avances de resultados a la edad de 2 años. Informe técnico. Campo Experimental Chiná. CIR. Sureste. INIFAP-.SARH. Campeche.
30. Rojas R., F. y Murillo G., O. 2004. Manual para productores de Melina. Cap. 1 Botánica y Ecología. Centro de Investigación en integración Bosque Industria de la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. pp 3-21.
31. Secretaria de Desarrollo Rural (SEDER). Gobierno del estado de Jalisco. 1995. Plan Sectorial Forestal para el estado de Jalisco, Convenio México-Finlandia. 70 p. (Inédito).

32. Villa C., J; E. Ordaz O. y J. Espinosa A. 1996. Análisis del desarrollo de cuatro especies tropicales en la granja forestal Tecoman. Reporte Interno, INIFAP, 19 p.
33. Weeb, D. G. 1980. Guía y clave para seleccionar especies en ensayos forestales de regiones tropicales y subtropicales, Overseas development administración Londres, Inglaterra. 275 p.

## 5.8. CUADROS

Cuadro 5.1. Costos  
ocurrenc

Actividades/Años	1	2
limpia y preparación del terreno	4.150	
Brechas corta fuegos	0.450	
Combate de hormigas	0.750	
Cercado del terreno	12.00	
Trazo de la plantación	0.900	
Apertura de cepas	3.333	
Costo de la planta	4.444	
Transporte de planta	3.000	
Acarreo y distribución de planta en terreno	0.900	
Plantación	3.000	
Fertilización	0.801	0.334
Reposición de fallas (10 %)	0.744	
Manejo		
Control de maleza	1.133	1.133
Control de plagas y enfermedades	0.450	0.450
Riego	0.700	0.700
Reparación de alambrado	0.300	0.300
Podas		
Imprevistos (10 %)	3.706	0.292
<b>Totales</b>	<b>40.761</b>	<b>3.209</b>

Cuadro 5.2. Costos de estable  
ocurrencia (miles d

Actividades/Años	1	2	3	4
limpia y preparación del terreno	3.400			
Brechas corta fuegos	0.360			
Combate de hormigas	0.660			
Cercado del terreno	9.850			
Trazo de la plantación	0.720			
Apertura de cepas	2.640			
Costo de la planta	4.444			
Transporte de planta	3.000			
Acarreo y distribución de planta en terreno	0.720			
Plantación	2.400			
Fertilización	0.741	0.334		
Reposición de fallas (10 %)	0.684			
Manejo				
Control de maleza	0.926	0.926	0.926	0.926
Control de plagas y enfermedades	0.390	0.390	0.390	
Riego	0.640	0.640	0.640	0.640
Reparación de alambrado	0.240	0.240	0.240	0.240
Podas				
Imprevistos (10 %)	3.182	0.253	0.220	0.181
<b>Totales</b>	<b>34.997</b>	<b>2.783</b>	<b>2.416</b>	<b>1.987</b>



Cuadro 5.3. Costos de €  
y año de ocurre

<b>Actividades/Años</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
limpia y preparación del terreno	4.150		
Brechas corta fuegos	0.450		
Combate de hormigas	0.750		
Cercado del terreno	20.500		
Trazo de la plantación	0.900		
Apertura de cepas	3.333		
Costo de la planta	4.444		
Transporte de planta	3.000		
Acarreo y distribución de planta en terreno	0.900		
Plantación	3.000		
Fertilización	0.801	0.334	
Reposición de fallas (10 %)	0.744		
Manejo			
Control de maleza	1.133	1.133	1.133
Control de plagas y enfermedades	0.450	0.450	0.450
Riego	0.700	0.700	0.700
Reparación de alambrado	0.300	0.300	0.300
Podas			
Imprevistos (10 %)	4.556	0.292	0.258
<b>Totales</b>	<b>50.111</b>	<b>3.209</b>	<b>2.841</b>

Cuadro 5.4. Beneficios por concepto de aprovechamientos de arbolado de la plantación de *Gmelina arborea*, en La Huerta, Jalisco.

Actividades/Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Totales (\$)	
Beneficios																						
Aclareo (1)												80,000										80,000
Aclareo (2)																149,400						149,400
Aprovechamiento total																				248,700		248,700
<b>Total = (\$)</b>												80,000				149,400				248,700		<b>478,100</b>

Cuadro 5.5. Beneficios por concepto de aprovechamientos de arbolado de la plantación de *Tabebuia rosea*, en El Verdineño, Santiago Ixcuintla, Nayarit.

Actividades/años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Totales	
Beneficios																						
Aclareo (1)															35,200							35,200
Aprovechamiento total																				97,600		97,600
<b>Total = (\$)</b>															35,200					97,600		<b>132,800</b>

Cuadro 5.6. Beneficios por concepto de aprovechamientos de arbolado de la plantación de *Roseodendron donnell smithii*, en Tecoman, Colima

Actividades/Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Totales	
Beneficios																						
Aclareo (1)															91,000							91,000
Aprovechamiento total																				271,000		271,000
<b>Total = (\$)</b>															91,000					271,000		<b>362,000</b>

Cuadro 5.7. Costos de establecimiento y manejo, aprovechamiento e indicador de rentabilidad en plantaciones forestales.

Plantación	Especie	Costo establecimiento (\$)	Costo Manejo (\$)	Aprovechamiento (\$)	Relación B/C (\$)
La Huerta, Jalisco	<i>Gmelina arborea</i>	40,761.00	37,490.00	478,100.00	6.11
Tecoman, Colima	<i>Roseodendron donnell smithii</i>	50,111.00	37,572.00	362,000.00	4.13
Verdineño, S. I. Nayarit	<i>Tabebuia rosea</i>	34,997.00	31,410.00	132,800.00	2.00

## 5.9. APENDICE

Apéndice 5.1. Supervivencia y valores dasométricos de especies forestales tropicales en plantaciones de tres años de edad en La Huerta, Jalisco.

Especie	Sobrevivencia (%)	Diámetro (cm)	Altura (m)	IMA diámetro (cm)	IMA altura (m)
<i>Gmelina arborea</i>	92	16.3	9.0	5.4	3
<i>Tectona grandis</i>	73	10.3	8.3	3.43	2.8
<i>Roseodendron donnell Smithii</i>	26	5.9	4.9	1.96	1.63
<i>Tabebuia rosea</i>	86	7.1	4.9	2.36	1.63
<i>Cedrela odorata</i>	38	7.8	4.8	2.60	1.60
<i>Swietenia macrophylla</i>	72	3.4	3.2	1.13	1.06

Fuente: Elaborado en base a Informe anual año 1988 (Espinoza y Talavera, 1988).

Apéndice 5.2. Supervivencia y valores dasométricos de especies forestales tropicales en plantaciones de 10 años de edad en la Huerta, Jalisco.

Especie	Supervivencia (%)	Diámetro (cm)	Altura (m)	IMA diámetro (cm)	IMA altura (m)
<i>Gmelina arborea</i>	87	30	16.6	1.96	3.8
<i>Tectona grandis</i>	70	22.8	15.3	1.79	3.6
<i>Roseodendron donnell Smithii</i>	20.6	11.2	8.4	0.76	1.75
<i>Tabebuia rosea</i>	81	16	10.5	1.27	2.81
<i>Cedrela odorata</i>	35	16.6	10.3	1.26	2.73
<i>Swietenia macrophylla</i>	70	8.6	6.15	0.74	1.48

Fuente: Benavides (2007).

Apéndice 5.3. Supervivencia y valores dasométricos de especies forestales tropicales en plantaciones experimentales de 12 años de edad en Tecoman, Colima.

Especie	Supervivencia (%)	Diámetro (cm)	Altura (m)	IMA diámetro (cm)	IMA altura (m)
<i>Roseodendron donnell Smithii</i>	100	20.5	12.1	1.7	1.0
<i>Swietenia macrophylla</i>	94	18.1	10.0	1.5	0.83
<i>Cedrela odorata</i>	85	15.8	7.9	1.31	0.65
<i>Tabebuia rosea</i>	32	17.8	8.5	1.48	0.70

Fuente: Forte (2005).

Apéndices 5.4. Supervivencia y valores dasométricos de especies forestales tropicales en plantaciones experimentales de 12 años de edad en Santiago Ixcuintla, Nayarit.

Especie	Supervivencia (%)	Diámetro (cm)	Altura (m)	IMA diámetro (cm)	IMA altura (m)
<i>Tabebuia rosea</i>	81	18	7.9	1.5	0.66
<i>Swietenia macrophylla</i>	73	10	5.6	0.83	0.47
<i>Cedrela odorata</i>	58	7.5	3.3	0.63	0.28
<i>Roseodendron donnell Smithii</i>					
<i>Tectona grandis</i>	47	23	10.2	1.92	0.85

Fuente: Corona (2005).

## ÍNDICE DE FIGURAS, CUADROS Y APÉNDICE

CAPÍTULO 1		Página
Figura 1.1. Ubicación del área de estudio		44
Figura 1.2. Unidad Experimental I en el Campo de Tecoman, Colima.		45
Figura 1.3. Unidad Experimental II en el Campo de Tecoman, Colima.		45
Figura 1.4. Unidad Experimental I en el Campo Experimental El Verdineño, Nayarit.		46
Figura 1.5. Unidad Experimental II en el Campo Experimental El Verdineño, Nayarit.		46
Figura 1.6. Unidad Experimental I en el Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Nayarit.		47
Figura 1.7. Unidad Experimental I en el Campo Experimental Costa de Jalisco.		47
Figura 1.8. Unidad Experimental II en el Campo Experimental Costa de Jalisco.		48
Figura 1.9. Supervivencia por especie, Unidad y Campo Experimental.		48
Figura 1.10. Diámetro medio por especie, Unidad y Campo Experimental.		49
Figura 1.11. Altura promedio por especie, Unidad u Campo Experimental.		49
Cuadro 1.1. Inventario de árboles forestales de las plantaciones en estudio.		50

## CAPITULO 2

Figura 2.1. Calificación de la conicidad, como alta, media y baja	78
Cuadros 2.1. Clasificación de las calidades de estación	78
Cuadro 2.2. Formulas para cubicación de trozas	78
Cuadro 2.3. Formulas para calcular superficie transversal	79
Cuadro 2.4. Estadísticos del análisis de varianza del modelo para <i>Swietenia macrophylla</i> (Caoba) en tres zonas diferentes	79
Cuadro 2.5. Ecuaciones resultantes para elaboración de tablas de Volúmenes de <i>Swietenia macrophylla</i> (Caoba)	79
Cuadro 2.6. Estadísticos del análisis de varianza del modelo para <i>Cedrela odorata</i> (Cedro rojo) en tres zonas diferentes	80
Cuadro 2.7. Ecuaciones resultantes para la elaboración de tablas de volúmenes de <i>Cedrela odorata</i> (Cedro rojo)	80
Cuadro 2.8. Estadísticos del análisis de varianza del modelo para <i>Roseodendron donnell Smithii</i> (Primavera) en dos zonas Diferentes	80
Cuadro 2.9. Ecuaciones resultantes para la elaboración de tablas de volumen de <i>Roseodendron donnell Smithii</i> (Primavera)	81

Cuadro 2.10. Estadísticos del análisis de varianza del modelo para <i>Tabebuia Rosea</i> (Rosa morada) en tres zonas diferentes	81
Cuadro 2.11. Ecuaciones resultantes para la elaboración de tablas de volúmenes de <i>Tabebuia Rosea</i> (Rosa morada) en tres zonas diferentes	81
Cuadro 2.12. Estadísticos del análisis de varianza del modelo para <i>Tectona grandis</i> (Teca) en dos zonas diferentes	82
Cuadro 2.13. Ecuaciones resultantes para la elaboración de tablas de volúmenes de <i>Tectona grandis</i> (Teca) en dos zonas diferentes.	82
Cuadro 2.14. Estadísticos del análisis de varianza del modelo para <i>Gmelina arborea</i> (Melina) en la Huerta, Jalisco.	82
Cuadro 2.15. Ecuación Resultante para la elaboración de tablas de volúmenes de <i>Gmelina arborea</i> (Melina) en la Huerta, Jalisco.	82
Cuadro 2.16. Tabla de volumen fustal (m <sup>3</sup> Rcc) para <i>Swietenia macrophylla</i> en Tecoman, Colima.	83
Cuadro 2.17. Tabla de volumen fustal (m <sup>3</sup> Rcc) para <i>Swietenia macrophylla</i> en La Huerta, Jalisco.	83
Cuadro 2.18. Tabla de volumen fustal (m <sup>3</sup> Rcc) para <i>Swietenia macrophylla</i> en Santiago Ixcuintla, Nayarit.	84
Cuadro 2.19. Tabla de volumen fustal (m <sup>3</sup> Rcc) para <i>Swietenia macrophylla</i> en El Verdineño Santiago Ixcuintla, Nayarit.	84
Cuadro 2.20. Tabla de volumen fustal (m <sup>3</sup> Rcc) para <i>Cedrela odorata</i> en Tecoman, Colima.	85
Cuadro 2.21. Tabla de volumen fustal (m <sup>3</sup> Rcc) para <i>cedrela odorata</i> en La Huerta, Jalisco.	85
Cuadro 2.22. Tabla de volumen fustal (m <sup>3</sup> Rcc) para <i>Cedrela odorata</i> en Santiago Ixcuintla, Nayarit.	86
Cuadro 2.23. Tabla de volumen fustal (m <sup>3</sup> Rcc) para <i>Cedrela odorata</i> en El Verdineño Santiago Ixcuintla, Nayarit.	86
Cuadro 2.24. Tabla de volumen fustal (m <sup>3</sup> Rcc) para <i>Gmelina arborea</i> en La Huerta, Jalisco.	87
Cuadro 2.25. Tabla de volumen fustal (m <sup>3</sup> Rcc) para <i>Roseodendron donnell Smithii</i> en Tecoman, Colima.	87
Cuadro 2.26. Tabla de volumen fustal (m <sup>3</sup> Rcc) para <i>Roseodendron donnell Smithii</i> en La Huerta, Jalisco.	88
Cuadro 2.27. Tabla de volumen fustal (m <sup>3</sup> Rcc) para <i>Tabebuia rosea</i> en Tecoman, Colima.	88
Cuadro 2.28. Tabla de volumen fustal (m <sup>3</sup> Rcc) para <i>Tabebuia rosea</i> en La Huerta, Jalisco.	89
Cuadro 2.29. Tabla de volumen fustal (m <sup>3</sup> Rcc) para <i>Tabebuia rosea</i> en Santiago Ixcuintla, Nayarit.	89
Cuadro 2.30. Tabla de volumen fustal (m <sup>3</sup> Rcc) para <i>Tabebuia rosea</i> en El Verdineño, Nayarit.	90
Cuadro 2.31. Tabla de volumen fustal (m <sup>3</sup> Rcc) para <i>Tectona grandis</i> en La Huerta, Jalisco.	90
Cuadro 2.32. Tabla de volumen fustal (m <sup>3</sup> Rcc) para <i>Tectona grandis</i> en El Verdineño Santiago Ixcuintla, Nayarit.	91
	210

Apéndice 2.1. Formato para toma de datos de campo para la elaboración de tablas de volumen de árboles sin derribo.	92
Apéndice 2.2. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de <i>Swietenia macrophylla</i> del municipio de Tecoman, Colima.	93
Apéndice 2.3. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de <i>Swietenia macrophylla</i> de La Huerta, Jalisco.	93
Apéndice 2.4. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de <i>Swietenia macrophylla</i> de Santiago Ixcuintla, Nayarit.	93
Apéndice 2.5. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de <i>Swietenia macrophylla</i> del Verdineño municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit.	93
Apéndice 2.6. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de <i>Cedrela odorata</i> del municipio de Tecoman, Colima.	94
Apéndice 2.7. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de <i>Cedrela odorata</i> del municipio de La Huerta, Jalisco.	94
Apéndice 2.8. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de <i>Cedrela odorata</i> del municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit.	94
Apéndice 2.9. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de <i>Cedrela odorata</i> del Verdineño municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit.	94
Apéndice 2.10. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de <i>Roseodendron donnell Smithii</i> del municipio de Tecoman, Colima.	94
Apéndice 2.11. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de <i>Roseodendron donnell Smithii</i> del municipio de La Huerta, Jalisco.	95
Apéndice 2.12. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de <i>Tabebuia rosea</i> del municipio de Tecoman, Colima.	95
Apéndice 2.13. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de <i>Tabebuia rosea</i> del municipio de La Huerta, Jalisco.	95
Apéndice 2.14. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de <i>Tabebuia rosea</i> del municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit.	95
Apéndice 2.15. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de <i>Tabebuia rosea</i> del Verdineño municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit.	95
Apéndice 2.16. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de <i>Tectona grandis</i> de La Huerta, Jalisco.	96

Apéndice 2.17. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de <i>Tectona grandis</i> del Verdineño municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit.	96
Apéndice 2.18. Análisis de varianza del modelo de variable combinada ajustado con información de <i>Gmelina arborea</i> de La Huerta, Jalisco.	96

### CAPITULO 3

Figura 3.1. Localización geográfica del área d estudio	121
Figura 3.2. Madera en rollo procesada y madera aserrada obtenida por especie.	121
Figura 3.3. Flujo general del proceso de aserrío del Aserradero en donde se realizó en estudio.	122
Cuadro 3.1. Características principales de trozas procesadas en aserradero.	123
Cuadro 3.2. Categorías de diámetros de las trozas en estudio.	123
Cuadro 3.3. Impacto del diámetro de las trozas en el coeficiente de aserrío de <i>Tabebuia rosea</i> .	123
Cuadro 3.4. Impacto del diámetro de las trozas en el coeficiente de aserrío de <i>Enterolobium cyclocarpum</i> .	124
Cuadro 3.5. Número de trozas y distribución porcentual en relación a la longitud, por categoría diamétrica de la especie <i>Tabebuia rosea</i> .	124
Cuadro 3.6. Número de trozas y distribución porcentual en relación a la longitud, por categoría diamétrica de la especie <i>Enterolobium cyclocarpum</i> .	125
Cuadro 3.7. Información general del coeficiente de aserrío de la especie <i>Tabebuia rosea</i> .	125
Cuadro 3.8. Información general del coeficiente de aserrío de la especie <i>Enterolobium cyclocarpum</i> .	126
Apéndice 3.1. Patio de madera en rollo del Aserradero San Agustín.	127
Apéndice 3.2. Patio y Rampa de alimentación de trozas del aserradero San Agustín.	127
Apéndice 3.3. Carro porta trozas y Torre con sierra principal del Aserradero San Agustín.	128
Apéndice 3.4. Maquina desorilladora o canteadora del Aserradero San Agustín.	128
Apéndice 3.5. Sierro de péndulo o cabeceadora del Aserradero San Agustín.	129
Apéndice 3.6. Maquina palillera y tabletera del Aserradero San Agustín.	129
Apéndice 3.7. Alguna de la madera aserrada obtenida en el proceso de aserrío.	130
Apéndice 3.8. Parte de la tableta para mueble obtenida en el proceso de aserrío.	130



## CAPITULO 4

Figura 4.1. Valores de biomasa por clase diamétrica de <i>Enterolobium cyclocarpum</i> .	159
Figura 4.2. Valores de biomasa por clase diamétrica de <i>Tabebuia rosea</i> .	159
Figura 4.3. Valores de biomasa por clase diamétrica de <i>Cedrela odorata</i> .	160
Figura 4.4. Valores de biomasa por clase diamétrica de <i>Swietenia Macrophylla</i>	160
Figura 4.5. Valores de biomasa por clase diamétrica de <i>Tectona grandis</i> .	161
Figura 4.6. Valores de biomasa por clase diamétrica de <i>Gmelina arborea</i> .	161
Figura 4.7. Valores observados de Carbono por árbol y clase diamétrica de <i>Enterolobium cyclocarpum</i> .	162
Figura 4.8. Valores observados de Carbono por árbol y clase diamétrica de <i>Tabebuia rosea</i> .	162
Figura 4.9. Valores observados de Carbono por árbol y clase diamétrica de <i>Cedrela odorata</i> .	163
Figura 4.10. Valores observados de Carbono por árbol y clase diamétrica de <i>Swietenia macrophylla</i> .	163
Figura 4.11. Valores observados de Carbono por árbol y clase diamétrica de <i>Tectona grandis</i> .	164
Figura 4.12. Valores observados de Carbono por árbol y clase diamétrica de <i>Gmelina arborea</i> .	164
Cuadro 4.1. Número de muestras y distribución por especie.	165
Cuadro 4.2. Modelos empleados para estimar biomasa aérea de especies tropicales.	165
Cuadro 4.3. Características de árboles muestra por especie para determinar ecuaciones matemáticas y estimar biomasa.	165
Cuadro 4.4. Distribución del arbolado por categoría diamétrica de las especies forestales en estudio.	166
Cuadro 4.5. Distribución de biomasa promedio por componente y especie.	166
Cuadro 4.6. Modelos empleados para estimar carbono en biomasa aérea de especies tropicales.	166
Cuadro 4.7. Características de árboles muestra por especie para determinar ecuaciones alométricas para estimar contenido de carbono.	167
Cuadro 4.8. Distribución de carbono promedio por componente y especie.	167

## CAPITULO 5

Cuadro 5.1. Costos de establecimiento y manejo de plantaciones forestales de <i>Gmelina arborea</i> por hectárea y año de ocurrencia (miles de \$/ha) en La Huerta, Jalisco.	203
Cuadro 5.2. Costos de establecimiento y manejo de plantaciones forestales de <i>Tabebuia rosea</i> por hectárea y año de ocurrencia (miles de \$/ha) en el Verdineño Santiago Ixcuintla, Nayarit.	204
Cuadro 5.3. Costos de establecimiento y manejo de plantaciones forestales de <i>Roseodendron donnell smithii</i> por hectárea y año de ocurrencia (miles de \$/ha) en Tecoman, Colima.	205

Cuadro 5.4. Beneficios por concepto de aprovechamientos de arbolado de la plantación de <i>Gmelina arborea</i> , en La Huerta, Jalisco.	206
Cuadro 5.5. Beneficios por concepto de aprovechamientos de arbolado de La plantación de <i>Tabebuia rosea</i> , en El Verdineño, Santiago Ixcuintla, Nayarit.	206
Cuadro 5.6. Beneficios por concepto de aprovechamientos de arbolado de la plantación de <i>Roseodendron donnell smithii</i> , en Tecoman, Colima.	206
Cuadro 5.7. Costos de establecimiento y manejo, aprovechamiento e indicador de rentabilidad en plantaciones forestales.	206
Apéndice 5.1. Supervivencia y valores dasométricos de especies forestales tropicales en plantaciones de tres años de edad en La Huerta, Jalisco.	207
Apéndice 5.2. Supervivencia y valores dasométricos de especies forestales tropicales en plantaciones de 10 años de edad en la Huerta, Jalisco.	207
Apéndice 5.3. Supervivencia y valores dasométricos de especies forestales tropicales en plantaciones experimentales de 12 años de edad en Tecoman, Colima.	208
Apéndices 5.4. Supervivencia y valores dasométricos de especies forestales ropicales en plantaciones experimentales de 12 años de edad en Santiago Ixcuintla, Nayarit.	208